Agriculture Canada

Publication 1851/F

Protection des grains et des graines oléagineuses stockés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures

Agriculture Canada

MAR 13 1991

Library / Bibliothèque, Ottawa K1A 0C5

30.4/
212
-1851
990

Digitized by the Internet Archive
in 2012 with funding from
Agriculture and Agri-Food Canada – Agriculture et Agroalimentaire Canada

http://www.archive.org/details/protectiondesgra00mill

Protection des grains et des graines oléagineuses stockés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures

Compilé par
J.T. Mills
Station de recherche
Winnipeg, Man.

Les recommandations de la présente publication sur l'usage des pesticides ne sont données qu'à titre indicatif. L'application d'un pesticide doit se conformer au mode d'emploi indiqué sur l'emballage, comme le prescrit la Loi sur les produits antiparasitaires. **Toujours lire l'étiquette.** Le pesticide devrait aussi être recommandé par les autorités de la province. Comme les recommandations sur l'emploi peuvent varier d'une province à l'autre, consulter le représentant agricole de la province pour obtenir des conseils particuliers.

Illustration de la couverture
(*En haut*) Cellules en acier standard utilisées pour l'entreposage des grains à la ferme dans l'ouest du Canada; (*en bas*) ventilateurs axiaux utilisés pour la ventilation du grain à Argile, Manitoba.

Agriculture Canada Publication 1851/F
On peut en obtenir des exemplaires
à la Direction générale des communications
Agriculture Canada, Ottawa (Ont.) K1A 0C7

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1990
N° de cat. A43-1851/1990F ISBN 0-662-96101-3
Impression 1990 2M-12:90

Production du Service aux programmes de recherche

La présente publication remplace la publication Agriculture Canada 1595/F
Insectes, acariens et moisissures nuisibles aux grains entreposés à la ferme dans les provinces des Prairies

Also available in English under the title
Protection of farm-stored grains and oilseeds from insects, mites, and molds

PRÉFACE

Dans la présente brochure, on décrit les parasites des grains et des graines oléagineuses entreposés à la ferme et on esquisse les méthodes qui permettent de prévenir leurs déprédations, de déceler ces parasites et de les combattre. Comme l'entreposage prolongé de ces productions se fait surtout à la ferme, c'est dans les cellules d'entreposage de la ferme que les ravageurs sont le plus susceptibles de causer leurs dommages. Pour éviter les déprédations ou pour les combattre, le producteur doit comprendre le problème et recourir aux méthodes actuelles de lutte. Les méthodes sûres d'entreposage que nous préconisons se fondent sur une gestion avisée ainsi que sur une connaissance générale des organismes en cause. Pour protéger les récoltes entreposées, nous insistons sur l'importance de maintenir les températures basses par une bonne aération.

Cette publication remplace la brochure no 1595/F d'Agriculture Canada intitulée *Insectes, acariens et moisissures nuisibles aux grains entreposés à la ferme dans les provinces des Prairies* (1982). Elle renferme les plus récents renseignements qui s'appliquent à l'ensemble du Canada et concernent également les graines oléagineuses. Le nouveau titre souligne l'existence de méthodes pratiques de protection dont il préconise ainsi l'emploi.

Collaborateurs

D. Abramson	Station de recherches de Winnipeg, Agriculture Canada, Winnipeg (Man.)
P. S. Parker	Station de recherches de Winnipeg, Agriculture Canada, Winnipeg (Man.)
O. Friesen	Agriculture Manitoba, Winnipeg (Man.)
L. Harris	Agriculture Saskatchewan, Regina (Sask.)
J.T. Mills	Station de recherches de Winnipeg, Agriculture Canada, Winnipeg (Man.)
W.E. Muir	Département de génie agricole, Université du Manitoba, Winnipeg (Man.)
D.T. Sager	United Grain Growers, Winnipeg (Man.)
R.N. Sinha	Station de recherches de Winnipeg, Agriculture Canada, Winnipeg (Man.)
J. van Loon	Commission canadienne des grains, Winnipeg (Man.)
N.D.G. White	Station de recherches de Winnipeg, Agriculture Canada, Winnipeg (Man.)

TABLE DES MATIÈRES

Préface 5

Bonnes pratiques d'entreposage 7

Introduction 8

Protection des produits entreposés 9
Types d'entreposage 9
Prévention des détériorations 10
    Ventilation 10
    Séchage dans la masse en utilisant l'air extérieur 13
    Séchage dans la masse à l'air chauffé 14
Prévention des infestations 14
    Insectes 14
    Acariens 15
    Champignons 15

Détection des problèmes 16
Détérioration et infestations 18
Surveillance de l'entreposage 20

Identification des organismes 27
Parasites communs des produits entreposés 27
    Coléoptères 28
    Psocoptères 31
    Lépidoptères 32
    Acariens 33
Moisissures 36
Mycotoxines 36

Lutte contre les infestations 37
Refroidissement et purification du produit 37
Traitement aux insecticides 38
    Précautions à prendre au cours du traitement insecticide 40
    Emploi de concentrés 40
    Traitement des grains 41
Fumigation 42
    Application 42
    Précautions à prendre durant la fumigation 43

Renseignements supplémentaires 45

Remerciements 45

Noms vernaculaires et scientifiques des principales espèces qui parasitent le grain entreposé 46

Références 47

Pour en savoir plus 48

Annexe 49

BONNES PRATIQUES D'ENTREPOSAGE

- La prévention des pertes causées par les insectes, les acariens et les moisissures passe par un bon entreposage des grains et des graines oléagineuses; la prévention est plus facile, plus sûre et moins coûteuse que la lutte.

- Préparer la cellule avant l'entreposage de la récolte : balayer le sol et les murs ou passer l'aspirateur; brûler ou enfouir les balayures qui contiennent des grains gâtés ou infestés; obturer les fissures pour empêcher les insectes volants, la neige et la pluie de pénétrer dans la cellule; pulvériser un insecticide recommandé sur le sol et les murs.

- Installer un système d'aération afin de réduire les gradients de température et la condensation.

- Sécher les grains gourds ou humides peu après la récolte, car ils sont plus exposés à l'échauffement et à l'infestation que les grains secs; les refroidir ensuite.

- Inspecter le grain à toutes les 2 semaines pour y déceler des signes d'échauffement ou d'infestation; contrôler la température, la concentration de dioxyde de carbone et l'activité des insectes au moyen de pièges, de cannes-sondes ou par tamisage d'échantillons.

- Transporter les grains échauffés ou infestés dans une autre cellule, si la température extérieure est suffisamment basse pour prévenir l'échauffement et l'infestation.

- Vérifier la surface du grain et la déneiger, s'il y a lieu, avant qu'une croûte de moisissure ne se forme.

- Durant le traitement insecticide, observer les précautions de sécurité; seules les personnes expérimentées devraient utiliser des fumigants. Dans certaines provinces, les utilisateurs de fumigants doivent être agréés.

INTRODUCTION

La protection des grains et des graines oléagineuses entreposés contre les détériorations fait partie intégrante de leur production; sans cette protection, ces productions sont susceptibles d'être déclassées. Comme les grains échauffés ou infestés par les insectes et les acariens perdent rapidement poids et qualité, l'agriculteur encourt un manque à gagner de plusieurs milliers de dollars. L'entreposage à l'état frais et sec dans des cellules propres et non infestées, étanches et bien aérées prévient ces pertes, maintient la qualité et assure les ventes.

Parce qu'ils sont petits et qu'ils fuient la lumière, les insectes et les acariens qui infestent les grains entreposés en vrac peuvent pénétrer profondément dans le coeur de la masse. Dans les cellules vides, ils se cachent dans les fissures et les crevasses où ils survivent dans les résidus jusqu'à l'arrivée de la nouvelle récolte. La plupart ne s'attaquent pas aux cultures et ne sont pas récoltés avec les grains, même si, sous les climats chauds, les charançons du riz ainsi que les petits perceurs des céréales infestent les champs. Les ravageurs des produits entreposés se nourrissent aussi de matières animales et végétales sèches ainsi que de moisissures; certains survivent avec de la nourriture qui contient à peine 8 % d'humidité. Les insectes qui résistent au froid peuvent hiverner dans les récoltes entreposées. L'été, certains s'envolent et peuvent être transportés par le vent, depuis les résidus de grains et les aliments pour animaux qu'ils infestent dans les constructions chauffées jusque dans les entrepôts de grains et même dans les maisons.

Au Canada, beaucoup d'insectes et d'acariens déprédateurs des grains et des graines oléagineuses entreposés sont résistants au froid; ils parviennent à passer l'hiver en trouvant un habitat favorable parmi ces productions, en s'adaptant au froid ou, ce que font certains acariens, en passant par un stade résistant pendant lequel ils n'absorbent pas de nourriture. Les insectes se reproduisent rarement sous 17 °C, les acariens sous 3 °C, mais, lorsque les grains s'échauffent, les insectes, particulièrement le cucujide roux et le tribolium rouge de la farine, se multiplient rapidement et provoquent beaucoup de dommages. La teneur en humidité des grains influe aussi sur le degré d'infestation par les insectes et les acariens ainsi que sur le degré d'échauffement et de détérioration qu'ils y causent. Les insectes, les acariens et les moisissures qui provoquent l'échauffement ainsi que la détérioration des récoltes entreposées sont inactifs aux basses températures (sous environ 8 °C pour les insectes, 0 °C pour les acariens et −8 °C, pour les moisissures). Les récoltes entreposées dans de petites cellules refroidissent plus rapidement et plus également durant l'hiver que dans les grosses cellules non aérées. Secs, les grains ou les graines oléagineuses sont moins susceptibles de s'altérer que s'ils étaient gourds ou humides. Les grains et graines gourds sont particulièrement exposés aux infestations d'acariens. Le

canola est souvent infesté par les acariens et les moisissures, même lorsqu'il est considéré comme sec.

La récolte renferme normalement de petites quantités de moisissures (ou de champignons) qui se développent durant l'entreposage et qui sont cause de détérioration. Par temps chaud, les moisissures se développent rapidement dans les grains gourds ou humides. Dans certaines conditions de récolte et d'entreposage, certains champignons peuvent sécréter des substances toxiques, les mycotoxines.

On comprend mieux les problèmes reliés à l'entreposage en vrac si on considère l'amas entreposé comme un écosystème dans lequel les organismes vivants (p. ex. les grains et les graines, les insectes, les acariens et les moisissures) ainsi que le milieu physique (p. ex. la température, l'humidité et l'oxygène) interagissent. D'habitude, la qualité de la récolte se dégrade lentement, mais, dans certaines conditions survenant dans une masse non perturbée, le phénomène est plus rapide, et la récolte peut se dégrader complètement.

PROTECTION DES PRODUITS ENTREPOSÉS

TYPES D'ENTREPOSAGE

Pour prévenir les infestations et protéger la qualité de la récolte durant l'entreposage prolongé, il importe que les cellules soient bien construites et à l'épreuve des intempéries. Les cellules installées sur un terrain élevé et bien drainé permettent de protéger la récolte contre les fortes pluies et les crues printanières. Les cellules en acier, lorsqu'elles sont vides, fournissent moins d'endroits favorables à la reproduction des insectes que les greniers vides de bois.

Il faut construire les cellules d'acier sur une chape à armature d'acier qui empêche la formation de fissures et le transfert de l'humidité au travers du plancher. On doit utiliser un produit de scellement pour obturer les fissures du sol ainsi que les joints entre la chape et le mur. La chape sera légèrement convexe pour favoriser l'écoulement de l'eau. Il ne faut pas remplir la cellule au-dessus de la virole supérieure et on doit laisser amplement d'espace au-dessus de la surface du grain pour l'inspection et le prélèvement d'échantillons. Il faut installer un système d'aération qui refroidira la récolte et empêchera la propagation de l'humidité de façon à réduire au minimum le risque de détérioration ainsi que les infestations d'insectes ou d'acariens au cours de l'entreposage.

Lorsque la production agricole est supérieure à la moyenne, la récolte est souvent entreposée dans les hangars ou les granges. Dans ce cas, on doit veiller particulièrement à en empêcher la détérioration. On peut obturer les fissures dans les sols de béton au moyen d'un produit de scellement. Dans les granges, les lambris cachent souvent

de la poussière de grain infestée. Il faut retirer les planches inférieures afin de recueillir les débris et appliquer une poudre ou une pulvérisation insecticide entre les montants.

Pour l'entreposage temporaire, on peut construire des cellules circulaires en contre-plaqué. On choisira un terrain élevé et sec, et on donnera au sol une forme conique pour faciliter l'évacuation de l'eau de pluie et de fonte. Désherber ou déchaumer les abords pour que les souris n'y trouvent pas abri. Il faut donner à l'amas de grain une forme conique la plus prononcée possible pour que l'eau de pluie et de fonte puissent s'évacuer et éviter de laisser un vide entre la bordure supérieure de la cellule et la surface de la récolte. Si celle-ci est recouverte d'une feuille de plastique, on doit assujettir cette dernière au moyen de filets de pêche ou de plusieurs vieux pneus afin de l'empêcher de battre au vent et de se déchirer. Les feuilles aux angles desquelles on découpe un passage pour laisser échapper l'humidité peuvent laisser entrer plus de neige que les feuilles intactes.

PRÉVENTION DES DÉTÉRIORATIONS

On peut conserver de façon économique la qualité des grains et des graines oléagineuses en faisant passer de l'air à travers la masse. Cet air peut être soit insufflé soit aspiré au moyen d'un ventilateur (fig. 1) communiquant avec la cellule par une gaine ou un plancher perforé. Quand l'air est insufflé, la dernière partie de l'amas de grains à se refroidir sera la partie supérieure. On doit vérifier le dessus de l'amas pour déterminer si ce dernier est refroidi ou s'il a commencé à s'altérer. En automne et au printemps, la détérioration commence la plupart du temps près du sommet de l'amas, où la condensation est maximale (fig. 2). Si le flux de l'air est renversé (aspiration), la dernière partie à se refroidir est la couche inférieure. Dans ce cas, la détérioration peut survenir dans le fond de la cellule où elle est beaucoup plus difficile à maîtriser ou à surveiller.

Pour empêcher la détérioration des grains, les producteurs disposent de trois solutions pour aérer les cellules :

- la ventilation
- le séchage dans la masse au moyen d'air à la température presque ambiante
- le séchage dans la masse au moyen d'air chauffé.

Ventilation

Objet La ventilation a pour but de préserver les produits entreposés en les refroidissant et en empêchant la propagation de l'humidité. (Ne pas s'attendre à ce qu'un système de ventilation bien conçu et bien employé sèche le grain ou les graines oléagineuses, même si l'air a pour effet d'assécher un peu.) La ventilation aide à conserver la qualité de l'orge de brasserie sans les résidus de pesticides, sans les odeurs fongiques ni les dommages causés à la germination.

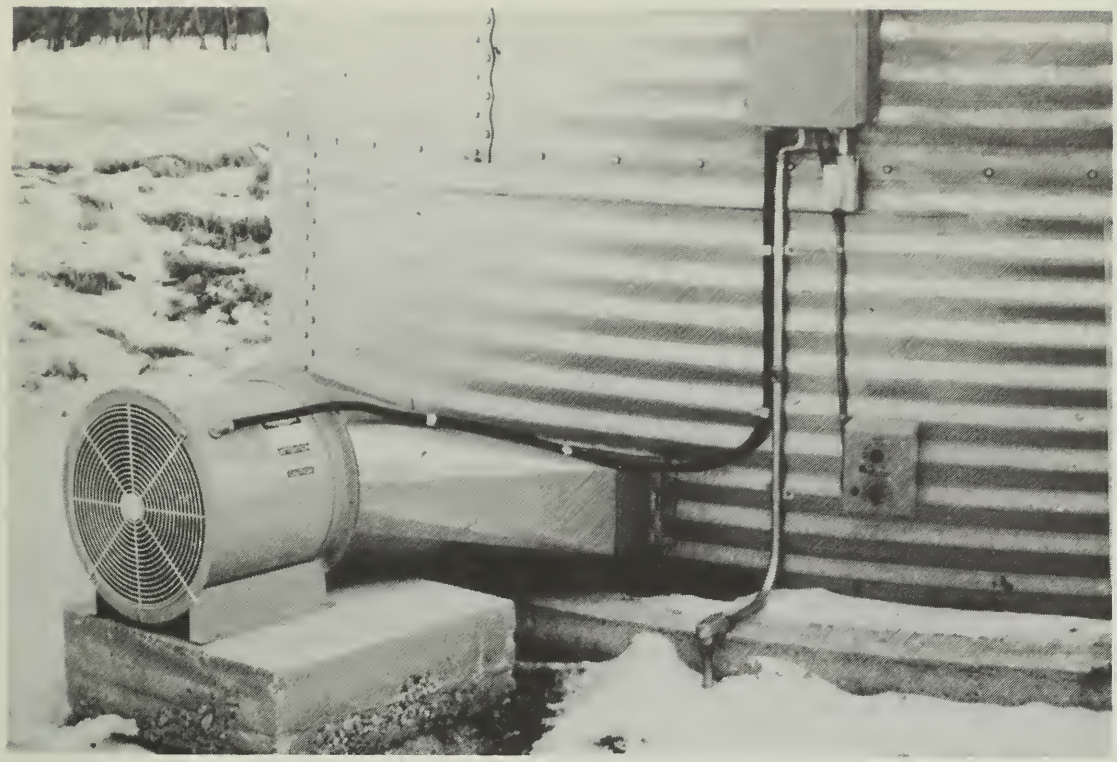

Fig. 1 Unité d'aération.

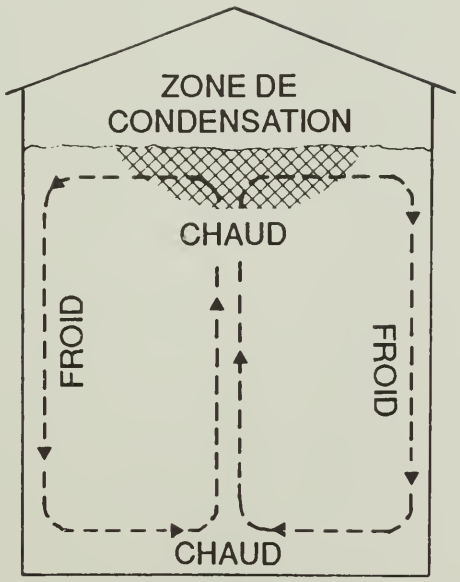

Fig. 2 Migration de l'humidité dans une cellule non ventilée, en automne et en hiver.

Débit de l'air En ventilation, il est habituellement de 1 à 2 L/s par mètre cube de grains ou de graines oléagineuses.

Dimensions du ventilateur D'habitude, les ventilateurs dont on a besoin sont relativement petits. Ainsi, une cellule cylindrique de 6,4 m de diamètre et de 6,8 m de hauteur à l'avant-toit, remplie de 215 m^3 (6 000 boisseaux) de blé peut exiger un ventilateur d'une puissance d'à peine 250 à 600 W (selon l'efficacité réelle du modèle précis et de la grosseur du ventilateur). Pour le choix d'un ventilateur, on peut se référer aux publications d'Agriculture Manitoba intitulées *Grain aeration and unheated air drying* et *Fan test results* (Friesen et Huminicki, 1987 *a* et 1987 *b*).

Lorsque l'objet premier de la ventilation est de refroidir la récolte et d'empêcher la propagation de l'humidité, le cheminement non uniforme de l'air, en raison des gaines placées sur le sol ou noyées dans ce dernier, est habituellement acceptable. Avec un plancher complètement perforé, le débit de l'air est uniforme dans toute la masse et réduit la probabilité de formation de poches non ventilées où survient la détérioration. Il faut installer des trappes dans les planchers et les gaines afin de faciliter l'extraction des accumulations de résidus de la récolte qui peuvent héberger des organismes nuisibles.

Dans les conditions chaudes et humides qui règnent souvent au temps de la récolte dans le sud-ouest de l'Ontario à la fin de juillet et en août, l'aération à l'air chaud et humide peut provoquer de la condensation. Cette condensation sous le toit intérieur de la cellule tombe à la surface de la masse en favorisant un encroûtement de moisissures et en stimulant la prolifération des insectes. La ventilation transversale qui évacue l'air chaud s'élevant de la masse prévient efficacement la condensation. Il ne faut commencer à ventiler que lorsque la température de l'air s'est rafraîchie.

Fonctionnement du ventilateur Le passage forcé d'air frais de l'extérieur au travers de la récolte donne naissance à un front de refroidissement qui traverse la masse depuis le point d'admission de l'air jusqu'à son point de sortie. Pour que le front traverse complètement la masse, il faut environ 240 h ou environ 10 jours d'aération continue au débit de 1 L/s par mètre cube. Il ne faut pas arrêter le ventilateur tant que les grains au sommet de l'amas ne sont pas à la même température que l'air extérieur. Le premier refroidissement après la récolte peut abaisser l'humidité des produits entreposés de 0,5 à 1,0 %.

Normalement, la meilleure stratégie est de faire fonctionner le ventilateur sans interruption après la récolte tant que la température des produits n'est pas descendue sous 20 °C. Lorsque, en outre, la température de l'air extérieur enregistre environ 5 ° de moins que celle de la récolte, faire encore tourner le ventilateur sans interruption tant que le nouveau front de refroidissement n'a pas traversé la masse de grain. En hiver, la température de l'entreposage devrait normalement se situer entre −5 et +5 °C.

Séchage dans la masse en utilisant l'air extérieur

Marche à suivre On peut déshumidifier la récolte en y faisant passer de l'air de l'extérieur. Dans l'Ouest, sauf au cours de l'hiver, on peut utiliser l'air extérieur, qui n'est réchauffé que par le ventilateur et le moteur. L'assèchement commence au point d'admission de l'air dans la masse, habituellement au bas de la cellule. Il se forme un front asséchant qui monte lentement au travers de la masse. Sous ce front, le grain se trouve à la température de l'air entrant, et son humidité est en équilibre avec celle de ce dernier. Par exemple, l'air entrant, d'une humidité relative de 70 %, conférera une humidité de 14 à 15 % au blé et de 8 à 9 % au canola. Le grain au-dessus du front restera à une humidité qui ne s'écarte pas de plus de 1 % du taux au début de l'entreposage. Le front doit avoir traversé la masse avant que cette dernière ne commence à s'altérer. La vitesse d'ascension du front est surtout déterminée par le débit de l'air par unité de masse du grain ou des graines oléagineuses.

Pour sécher le plus rapidement possible toute la récolte, il faut que le débit de l'air qui la traverse soit uniforme. Dans une cellule à plancher complètement perforé et où la surface du grain est de niveau, le débit est uniforme à moins qu'un noyau central et compact de grains et de matières étrangères (impuretés) ne se forme sous le bec de remplissage. Dans les cellules où la transition entre le ventilateur et la chambre de surpression sous le plancher laisse à désirer, le débit de l'air au travers de la masse près de l'entrée du ventilateur est réduit.

Sélection du débit Pour abaisser au minimum les frais de fonctionnement et les coûts du matériel, il faut déterminer le débit minimal, c'est-à-dire celui qui permet le séchage de la récolte immédiatement avant qu'elle ne subisse une détérioration inacceptable. Les débits minimaux du séchage du blé, de l'orge et du canola au cours des années, entre 1953 et 1985, où le séchage a été le plus difficile sont présentés dans la publication d'Agriculture Manitoba intitulée *Grain aeration and unheated air drying* (Friesen et Huminicki, 1987 *a*). Il est recommandé aux producteurs de consulter les techniciens agricoles de la province détachés dans leur localité pour obtenir des recommandations concernant le débit et le matériel.

Choix de la cellule L'accroissement du rapport de la hauteur de la cellule au diamètre de celle-ci se traduit par l'accroissement de la grosseur et de la consommation d'énergie du ventilateur. L'économie liée à la diminution de la hauteur de l'entreposage doit être confrontée à l'accroissement des coûts de l'acier et du béton, car le diamètre de la cellule doit être augmenté pour permettre un entreposage de même quantité.

Fonctionnement du ventilateur À l'automne, on doit faire tourner le ventilateur sans interruption tant que la température de la récolte ne descend pas à 0 °C ou que cette dernière n'est pas sèche. Au printemps, si les grains n'ont pas séché complètement au cours de

l'automne précédent et que la récolte n'est pas détériorée, il faut reprendre le séchage dès que la température de l'air commence à s'élever au-dessus de 0 °C. Même par temps humide ou pluvieux, il faut faire fonctionner le ventilateur. Même si l'air humide réhumidifie légèrement le fond de la masse, le front principal d'assèchement poursuivra son ascension. Pourvu que le ventilateur fonctionne quelques jours après une période d'humidité, la réhumidification se répartit dans la masse et n'est pas susceptible de provoquer de détérioration. La réhumidification peut offrir un avantage économique si le grain du fond a été trop séché, soit sous la teneur maximale permise d'humidité pour la vente. Même si le séchage améliore la qualité de la récolte, l'abaissement de l'humidité sous le taux réglementaire diminue la masse vendable et donc la valeur marchande de la récolte. Toutefois, la réhumidification provoque l'expansion de la masse et peut amener la déformation des parois de la cellule.

Séchage dans la masse à l'air chauffé

L'accroissement de la température abaisse l'humidité relative de l'air admis dans la masse. Par exemple, si l'on fait passer la chaleur de l'air de 20 °C à 25 °C, l'humidité relative baissera de 70 à 50 %. Le taux d'humidité du blé, exposé à de l'air d'une humidité relative de 70 %, descendra à 14 ou 15 % et à 10 ou 11 %, si l'humidité relative de l'air est de 50 %. Même si, dans ce dernier cas, le blé se conserve beaucoup mieux, à 14 ou 15 %, sa masse vendable aura diminué d'environ 4 à 5 %, ce qui se traduira par une réduction équivalente de sa valeur marchande, sous le régime réglementaire actuel de sa commercialisation. Ainsi, réchauffer le grain avec des chaufferettes au propane, des fournaises, des collecteurs solaires, etc. n'est pas économique. Habituellement, la chaleur supplémentaire ne possède un avantage économique que lorsque l'humidité relative de l'air extérieur reste élevée pendant de nombreux jours, comme c'est le cas dans certaines régions de l'Est. Dans certaines conditions, l'ajout de chaleur exige un ventilateur plus gros et un séchage plus rapide parce que la récolte s'altère plus rapidement.

PRÉVENTION DES INFESTATIONS

Insectes

Pour empêcher les infestations et les maîtriser, il nous faut connaître l'habitat ainsi que le cycle vital des insectes. Des études ont montré que la plupart des greniers vides sont infestés par un petit nombre d'insectes et d'acariens. Les aliments pour animaux, les camions et la machinerie agricole sont d'autres sources d'infestation. Certains insectes peuvent voler ou marcher, ce qui accroît leur capacité d'infester les récoltes entreposées. Prendre les mesures

suivantes avant la récolte pour empêcher l'infestation et la détérioration des produits entreposés :

- Par la lutte contre les mauvaises herbes dans la culture, maintenir les impuretés au minimum; les insectes ne se multiplient pas beaucoup dans les récoltes renfermant peu d'impuretés.
- Nettoyer les entrepôts de grains, de préférence à l'aspirateur; brûler ou enfouir les balayures.
- Réparer les entrepôts et les rendre étanches aux intempéries avant de les utiliser.
- Ne tolérer aucune accumulation de déchets de grains ou d'aliments pour animaux à l'intérieur comme à l'extérieur des entrepôts.
- Désherber les abords des entrepôts.
- Ne pas entreposer la récolte dans des cellules situées à proximité d'aliments pour les animaux et donc susceptibles d'être infestées.
- Environ une semaine avant l'entreposage de la récolte, traiter les murs et le sol des entrepôts vides avec un insecticide approuvé.
- Toutes les 2 semaines, inspecter la récolte entreposée en cellules à l'état gourd : (1) plonger la main sous la surface, en différents points de la masse pour déceler des signes d'échauffement ou d'encroûtement; (2) plonger une tige de métal dans la masse pour vérifier l'échauffement du grain à diverses profondeurs; après au moins 15 min, 60 de préférence, retirer la tige et en apprécier la chaleur sur le poignet ou dans la paume.
- N'entreposer la récolte que dans des cellules propres et vides; les cellules qui renferment du vieux grain risquent d'être infestées.
- Utiliser ou vendre comme aliments pour les animaux les grains les plus humides d'abord.
- Se rappeler que les grains ou les graines oléagineuses frais et secs se gâtent rarement.

Acariens

On peut prévenir ou combattre les infestations par les moyens suivants :

- Maintenir l'humidité des céréales sous 12 % et celle du canola sous 8 %;
- Transborder la récolte dans une cellule vide afin de disperser les concentrations d'humidité ou refroidir le grain d'une humidité de 15 ou 16 % au moyen d'air poussé durant l'hiver.

Champignons

Pour empêcher l'action des moisissures, il faut vérifier particulièrement l'humidité et la température de la récolte au moment de la mise en cellule, notamment dans les cellules non aérées. On doit contrôler la température de la masse à toutes les semaines ou à toutes les deux semaines. Il faut sécher la récolte très humide ou la refroidir

par aération si elle se trouve à haute température (voir Prévention des détériorations). On peut utiliser un épandeur pour disperser dans la masse les grains petits, abîmés et ratatinés, les graines de mauvaises herbes, la balle et la paille. Il ne faut pas oublier que l'augmentation de la densité apparente dans la cellule réduit énormément le débit de l'air poussé au travers de la masse. Il vaut mieux enlever la neige balayée par le vent avant qu'elle ne fonde, car elle pourrait provoquer des moisissures. Pour stopper l'échauffement ou la détérioration de la récolte, il faut la retourner pour la refroidir et disperser les poches d'humidité. Une autre solution est d'aérer ou de sécher la masse. On doit être accompagné d'une autre personne lorsqu'on monte sur les cellules ou qu'on y pénètre. Il faut porter un masque protecteur pour empêcher l'inhalation de spores de moisissures, qui peut se produire lorsqu'on brise les croûtes de moisissures dans la cellule, ou lorsqu'on manipule des grains ou des graines gâtés.

DÉTECTION DES PROBLÈMES

On doit inspecter régulièrement la récolte pour y déceler les premiers signes d'infestation ou d'altération. Il faut prélever des échantillons dans la masse à toutes les 2 semaines pour déceler s'il y a des insectes ou des signes d'échauffement. Pour déceler les insectes, il faut faire réchauffer l'échantillon dans un entonnoir fermé par un moustiquaire, pendant plusieurs heures (fig. 3). Les insectes et les acariens fuient le grain qui sèche graduellement et tombent dans une bouteille collectrice.

Une autre façon de déceler les insectes est de tamiser des échantillons de céréales prélevés en surface au moyen d'un tamis n° 10 (à ouvertures de 2,0 mm). Pour les graines de canola, plus petites, il faut utiliser un tamis n° 20 (à ouvertures de 0,85 mm). Pour prélever les échantillons dans la masse, on doit utiliser une canne-sonde. Il faut réchauffer les échantillons quelques minutes, puis les examiner pour y déceler le mouvement des insectes. On doit vérifier si les grains et les graines sont échauffés en évaluant la température de surface de la masse ou de celle d'une barre de métal plongée dans cette dernière pendant une heure.

Pour déceler les acariens, il faut utiliser un tamis n° 20 ou 30 (à ouvertures de 0,595 mm). On doit ensuite amener la poussière ou les tamisats à la température ambiante et les examiner à la loupe. Les masses d'acariens dans les tamisats ressemblent à des grumeaux de poussière en mouvement. En nombres plus petits, les acariens ressemblent à des mouchetures de poussière et ils sont difficiles à percevoir.

Les outils de détection et de capture des insectes sont des cannes-sondes ou des tubes de plastique perforés de petits trous qui, trop petits pour les grains, laissent passer les insectes, qui y tombent, mais ne peuvent s'en échapper (fig. 4). Les pièges ne sont généralement pas

utilisés dans les cellules d'entreposage des graines oléagineuses où, habituellement, les insectes ne constituent pas un problème.

Comme dispositif de lutte, les pièges permettent de déceler les infestations dès leur début, de sorte que les producteurs ou les superviseurs de silos peuvent intervenir avant que la déprédation des grains n'ait atteint le point où les pertes sont graves. Les pièges peuvent servir dans les entrepôts, les élévateurs, les wagons et les bateaux pour vérifier les grains à toutes les étapes de l'entreposage et du transport. Il faut enfoncer les pièges dans le centre de la masse où les insectes se rassemblent généralement pour chercher la chaleur et l'humidité. On peut les y laisser pendant environ une semaine (les insectes adultes de certaines espèces résistantes au froid continuent d'être capturés jusqu'à 8 °C), puis les retirer en tirant sur un filin qui aura été fixé aux pièges. On doit identifier les insectes capturés parce que les granivores exigent qu'on les combatte par des moyens chimiques, tandis que les mycophages sont un signe que le grain se dégrade et qu'il devrait être transbordé dans une autre cellule.

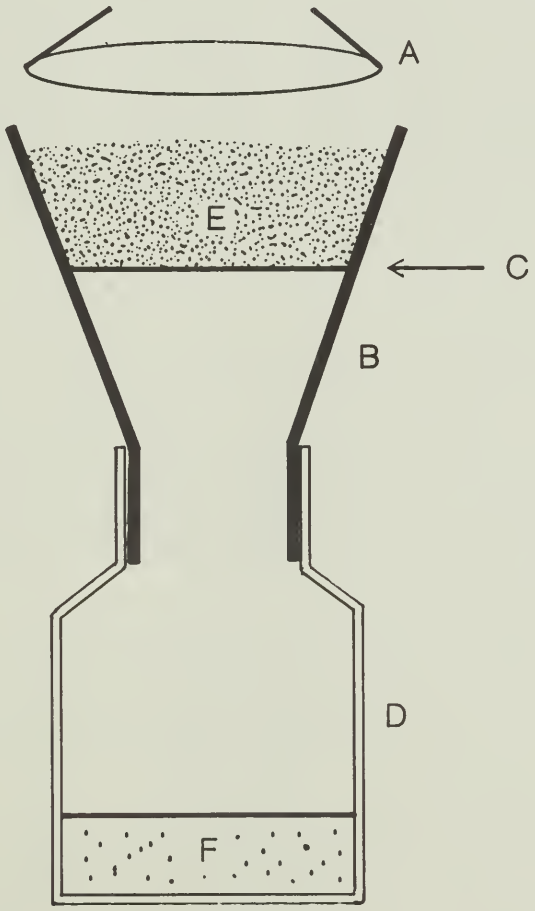

Fig. 3 Dispositif d'extraction des insectes et des acariens des grains et des graines oléagineuses : *A*, ampoule électrique; *B*, entonnoir de métal; *C*, crible soudé à l'entonnoir; *D*, bocal de verre; *E*, 200 g de grain; *F*, 50 mL d'alcool à 70 % ou eau.

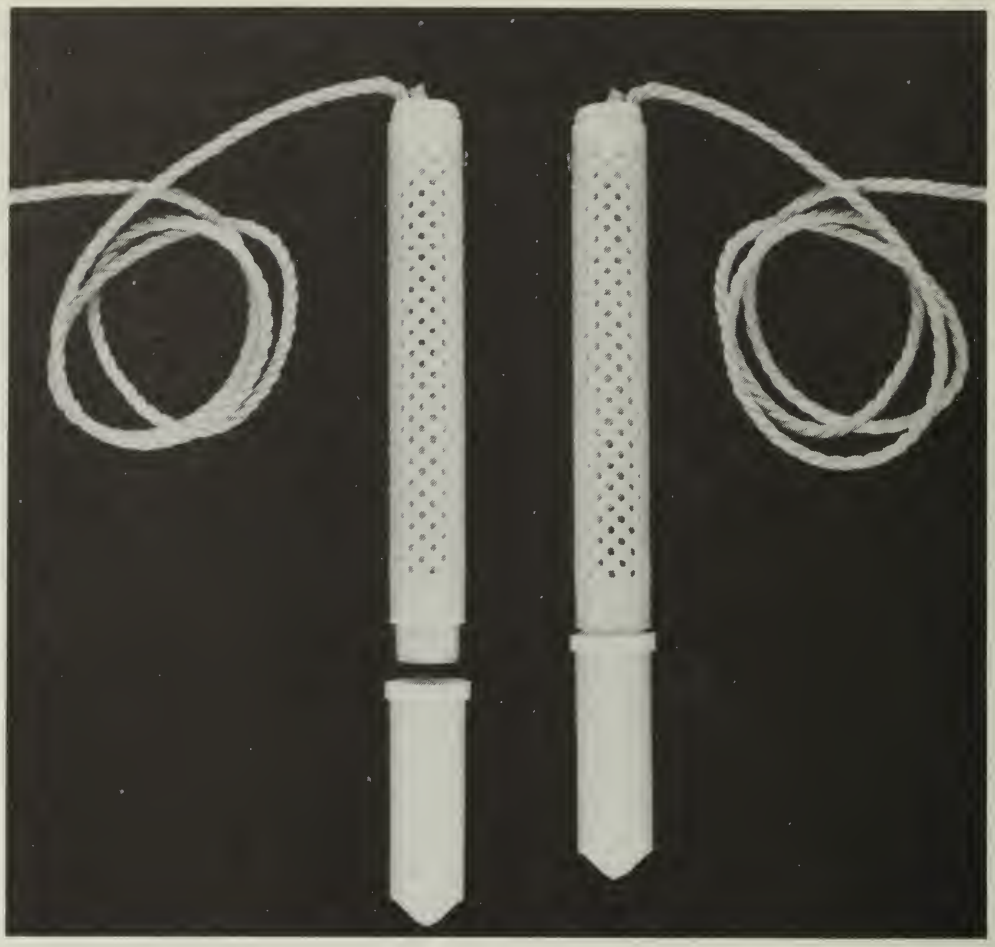

Fig. 4 Piège de plastique pour déceler les insectes dans les produits entreposés.

DÉTÉRIORATION ET INFESTATIONS

Les moisissures et la croissance des insectes sont favorisées par l'humidité et par les températures de moyennes à élevées. Si leur croissance est ininterrompue, ces organismes peuvent gâter les grains et les graines oléagineuses, provoquer leur échauffement et, dans le cas des insectes, les infester.

Même lorsque la récolte a été entreposée à l'état sec, des points humides peuvent y apparaître; ils sont causés par la propagation de l'humidité à l'intérieur de la masse ou par la pluie ou la neige qui pénètrent dans la cellule par les orifices de ventilation du toit ou par d'autres ouvertures.

Le grain situé le long de la virole et sous le toit se refroidit à mesure que la température de l'air extérieur s'abaisse au cours de l'automne ou de l'hiver. Au centre d'une cellule non aérée de fortes dimensions (diamètre d'au moins 6 m), le grain reste près de sa température de récolte jusque vers le milieu à la fin de l'hiver. L'écart de température ainsi créé à l'intérieur de la masse amène l'air à monter au travers du noyau chaud central. Comme l'air chaud et humide monte, les grains froids du sommet de la masse absorbent

l'humidité de l'air. Cette dernière peut aussi se condenser ou geler sous le toit froid (fig. 2).

Avant d'entrer dans les circuits d'exportation, les grains gourds et humides (tableau 1) qui sont livrés aux silos commerciaux doivent être séchés. D'habitude, on les met dans des compartiments spéciaux et on les expédie séparément.

Chaque production végétale possède ses propres caractéristiques d'entreposage et, pour que ce dernier soit sûr, beaucoup de facteurs interviennent, y compris l'humidité et la température du produit, la durée de l'entreposage et le moment où ce dernier débute. En connaissant l'humidité et la température de la récolte au moment de l'entreposage, il est possible de prévoir comment elle se comportera ensuite. La figure 5 montre l'effet mixte de l'humidité – température sur l'entreposage du canola, qui peut ou non se gâter en l'espace de 5 mois. Pour faire passer le canola de la partie «altération» du graphique à la partie du bas, il suffit, soit de le sécher, soit de le refroidir par aération.

Pour conserver le blé sans danger pendant une période allant jusqu'à 6 mois, on peut prédire comment il se comportera par l'effet mixte humidité – température (fig. 6).

Tableau 1 Taux d'humidité des grains de céréales, des graines oléagineuses et des légumineuses gourds ou humides

	Taux d'humidité (poids humide)	
Produit	gourd(%)	humide(%)
Blé	14,6–17,0	>17,0
Blé dur ambré	14,6–17,0	>17,0
Sarrasin	16,1–18,0	>18,0
Avoine	14,1–17,0	>17,0
Orge	14,9–17,0	>17,0
Graine de lin	10,1–13,5	>13,5
Canola	10,1–12,5	>12,5
Moutarde	10,6–12,5	>12,5
Seigle	14,1–17,0	>17,0
Pois	16,1–18,0	>18,0
Maïs	15,6–17,5	17,6–21,0
Soja	14,1–16,0	16,1–18,0
Tournesol	9,6–13,5	13,6–17,0

Source : Commission canadienne des grains, 1989.

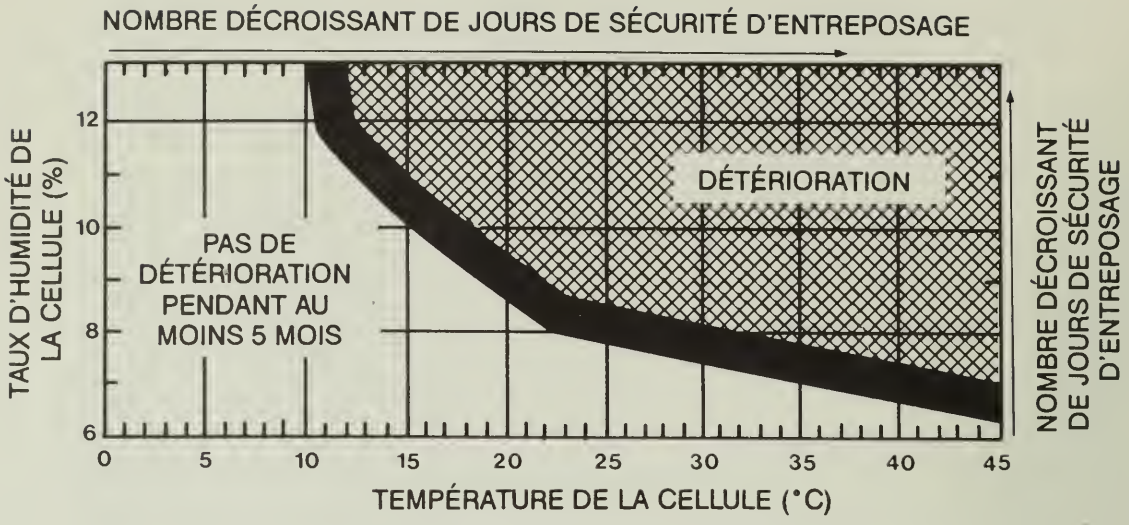

Fig. 5 Diagramme de la durée d'entreposage du canola en fonction de l'humidité des graines et de la température au moment de la mise en cellule (tiré de *La culture du colza canola*, chap 12. Entreposage du colza canola. Conseil canadien du canola).

SURVEILLANCE DE L'ENTREPOSAGE

Nécessité des surveillances

Les grains entreposés sont des organismes vivants. Leur valeur marchande peut chuter rapidement si on les laisse se détériorer. Pour réussir un bon séchage en cellules, cela exige la surveillance quotidienne de ces dernières ainsi qu'une connaissance des processus de séchage et de détérioration. Ainsi, pour maintenir la valeur des grains durant l'entreposage, on en mesurera régulièrement l'humidité et la température de sorte qu'on pourra prendre des mesures correctrices s'il y a risque de détériorations avant que n'ait lieu le séchage.

Pour effectuer cette surveillance, on peut entrer dans les cellules, observer l'état et l'odeur du grain en surface et, au moyen d'une canne-sonde, prélever des échantillons à l'intérieur de la masse. Parce qu'elle est longue à effectuer, difficile et dangereuse, l'opération est souvent négligée. Les signes d'une altération en cours sont la modification de la température, de la concentration de dioxyde de carbone ou des deux.

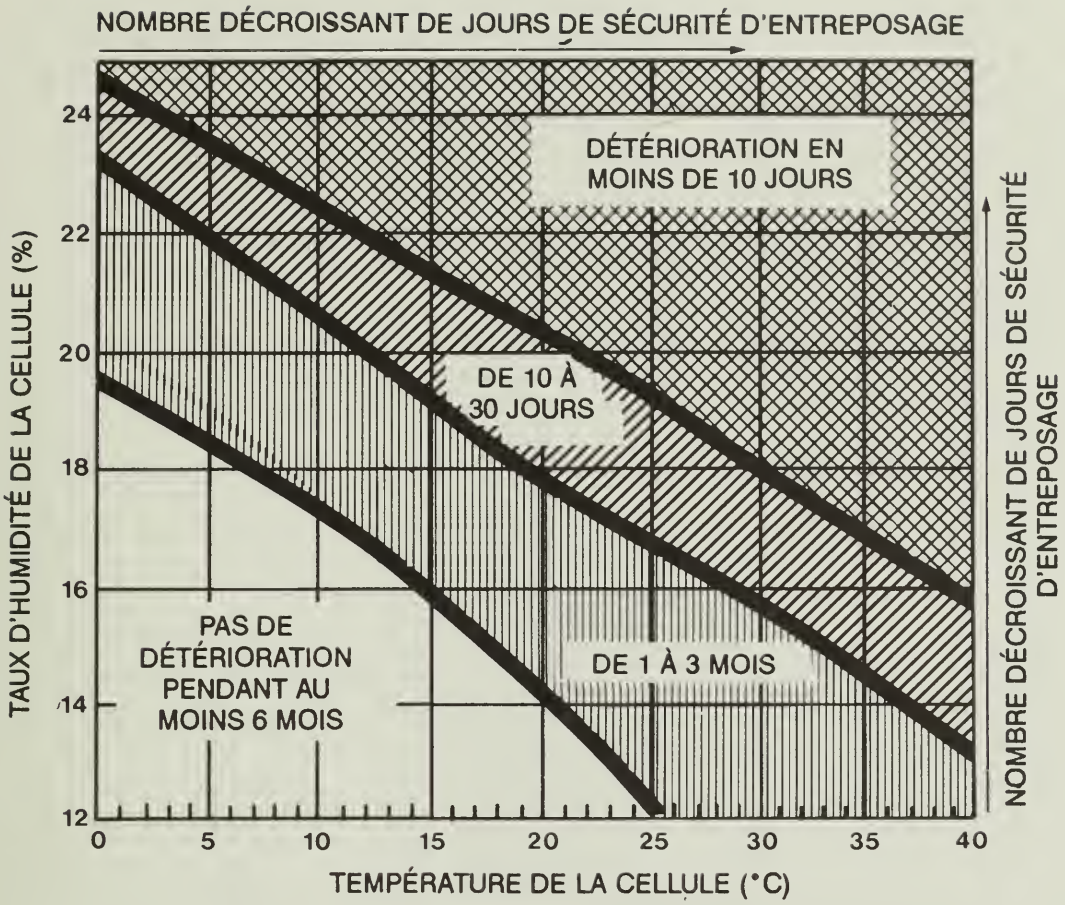

Fig. 6 Diagramme de la durée d'entreposage du blé, montrant les zones où ce dernier se gâte en moins de 10 jours, entre 10 et 30 jours, entre 1 et 3 mois et les zones où il ne se gâte pas pendant au moins 6 mois (d'après Wilkins, 1983).

Température du coeur de la masse

La méthode la plus répandue et la plus facile de surveillance est de mesurer la température du grain, dans la masse, au moyen de détecteurs électriques installés à demeure ou non (fig. 7). Un tel capteur consiste en un câble et en un appareil de surveillance portatif, fonctionnant sur piles. Le câble plonge dans le milieu de la cellule en permettant la prise de température à tous les 1,2 m, pour ressortir de la cellule avec la connexion à la hauteur de l'oeil. L'appareil de mesure est branché à la connexion et on peut ainsi lire et enregistrer les températures du coeur de la masse.

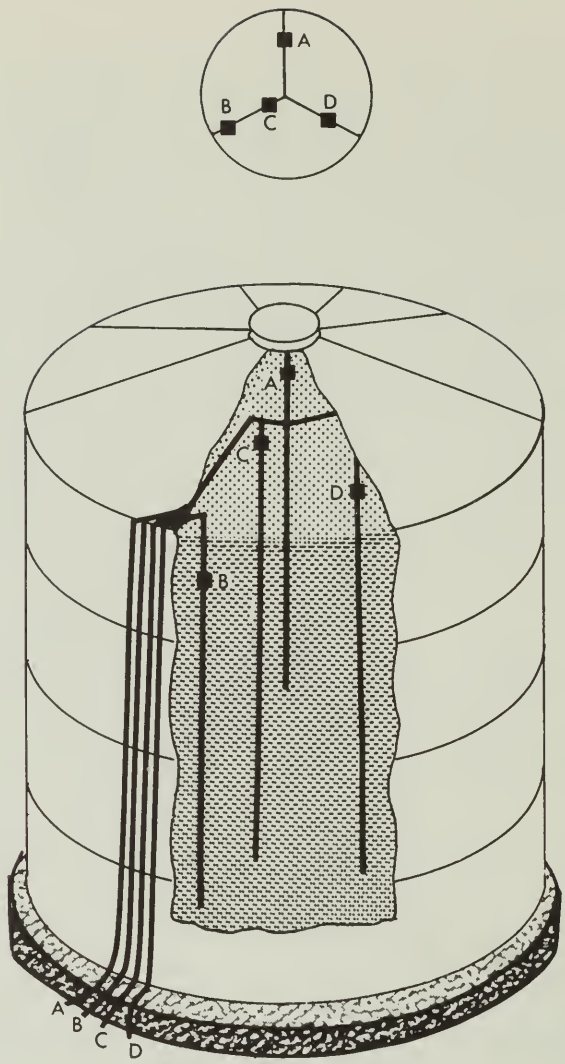

Fig. 7 Dispositif de surveillance de la température des cellules constitué de 4 câbles capteurs (A à D) suspendus du toit. Les câbles A, B et D sont situés à mi-chemin entre la paroi et le centre de la cellule, tandis que le câble C est situé près du centre. *Nota* : Les câbles de plus de 8 à 12 m doivent être supportés pour empêcher l'affaissement du toit (McKenzie *et al.*, 1980). Les câbles doivent être fixés au plancher pour que le grain ne les pousse pas latéralement, ce qui donnerait des erreurs de lecture.

En mesurant régulièrement la température dans la masse, au cours de l'aération, on peut localiser le front de refroidissement. On arrête le ventilateur lorsque la température du coeur de la masse s'est abaissée à la température de l'air extérieur et on la refait démarrer lorsque la température de l'extérieur tombe sous la température du coeur de la masse.

Lorsque le grain se détériore du fait de la croissance des moisissures ou des insectes, il y a consommation d'oxygène et libération de chaleur, de dioxyde de carbone et d'eau. La chaleur peut provoquer une montée de température dans le grain en train de se détériorer. Ainsi, dans la masse non ventilée, la mesure de la température peut aider à déceler l'altération des grains. Toutefois, l'utilisation et l'interprétation des résultats posent des difficultés.

- La température des grosses masses de grain ou de graines oléagineuses change lentement. Par exemple, au centre d'une cellule de 6 m de diamètre, la température peut être maximale en hiver et minimale en été.
- Lorsqu'une petite poche de grains se détériore, la température au centre de cette dernière peut atteindre 65 °C, tandis qu'à 50 cm à peine de distance, elle peut n'être que de 10 °C. Pour déceler ces petites poches, il faut mesurer la température en de nombreux points ou, du moins, aux endroits où la détérioration est la plus probable.
- Une basse température du coeur de la masse ne traduit pas nécessairement des conditions d'entreposage sûres. À −5 °C, certaines moisissures peuvent commencer à croître lentement; au-dessus de 10 °C, les moisissures et les acariens peuvent se répandre rapidement. Toutefois, la plupart des insectes ont besoin d'une température du coeur de la masse supérieure à 20 °C pour proliférer.
- Une température du coeur de la masse supérieure à la température de l'air n'est pas nécessairement un signe de détérioration. Les récoltes sèches de qualité uniforme peuvent être entreposées en bon état par temps chaud. Mais, dans ce cas, les insectes qui arrivent de l'extérieur et ceux qui se cachent dans les murs et les débris du sol d'une cellule malpropre peuvent déclencher une infestation en se multipliant rapidement. Il faut alors refroidir la récolte en la retournant ou en l'aérant afin d'empêcher les proliférations d'insectes. Si la récolte est mise dans de gros compartiments non aérés, la température du coeur de la masse peut rester relativement élevée durant les mois d'hiver sans que le grain ne se dégrade.

Concentration de dioxyde de carbone

Une deuxième méthode de détection d'une détérioration en cours causée par les moisissures ou les insectes consiste à mesurer la concentration de dioxyde de carbone (CO_2) dans l'air interstitiel, c'est-à-dire entre les grains. En effet, le processus habituel de dégradation biologique qui a lieu dans les grains et graines oléagineuses entreposées consomme de l'oxygène et libère du dioxyde de carbone. Dans l'air extérieur, la concentration de ce gaz se situe à 0,03 ou 0,04 % (de 300 à 400 ppm). Des concentrations supérieures dans une

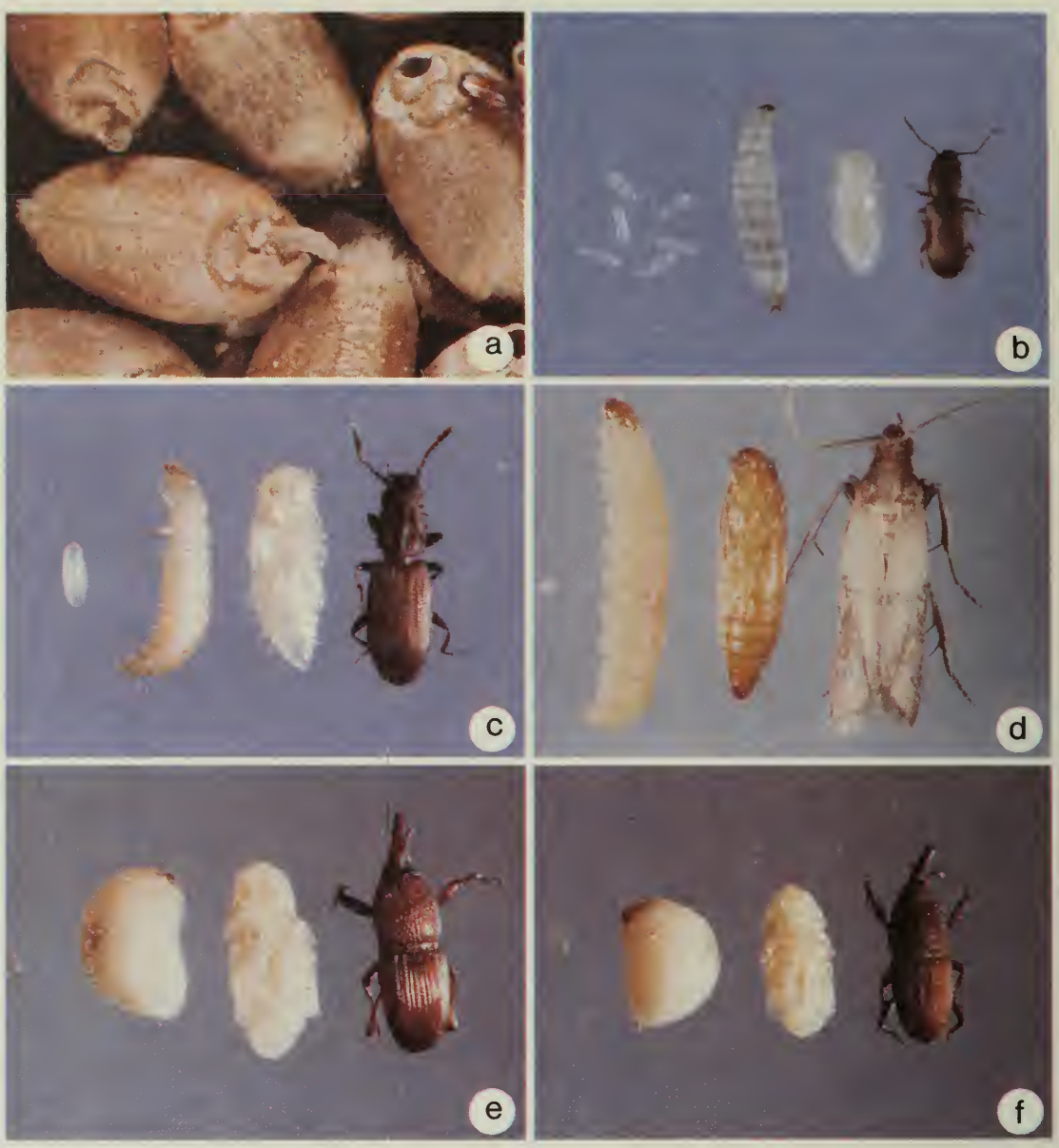

Planche I*a* Grains de blé infestés par le cucujide roux.
b Stades du cucujide roux (*de gauche à droite*) : oeufs, larve, pupe, adulte.
c Stades du cucujide dentelé des grains (*de gauche à droite*) : oeufs, larve, pupe, adulte.
d Stades de la pyrale indienne de la farine (*de gauche à droite*) : oeufs, larve, pupe, adulte.
e Stades de la calandre des grains (*de gauche à droite*) : oeufs, larve, pupe, adulte.
f Stades du charançon du riz (*de gauche à droite*) : oeufs, larve, pupe, adulte (d'après Sinha et Watters, 1985).

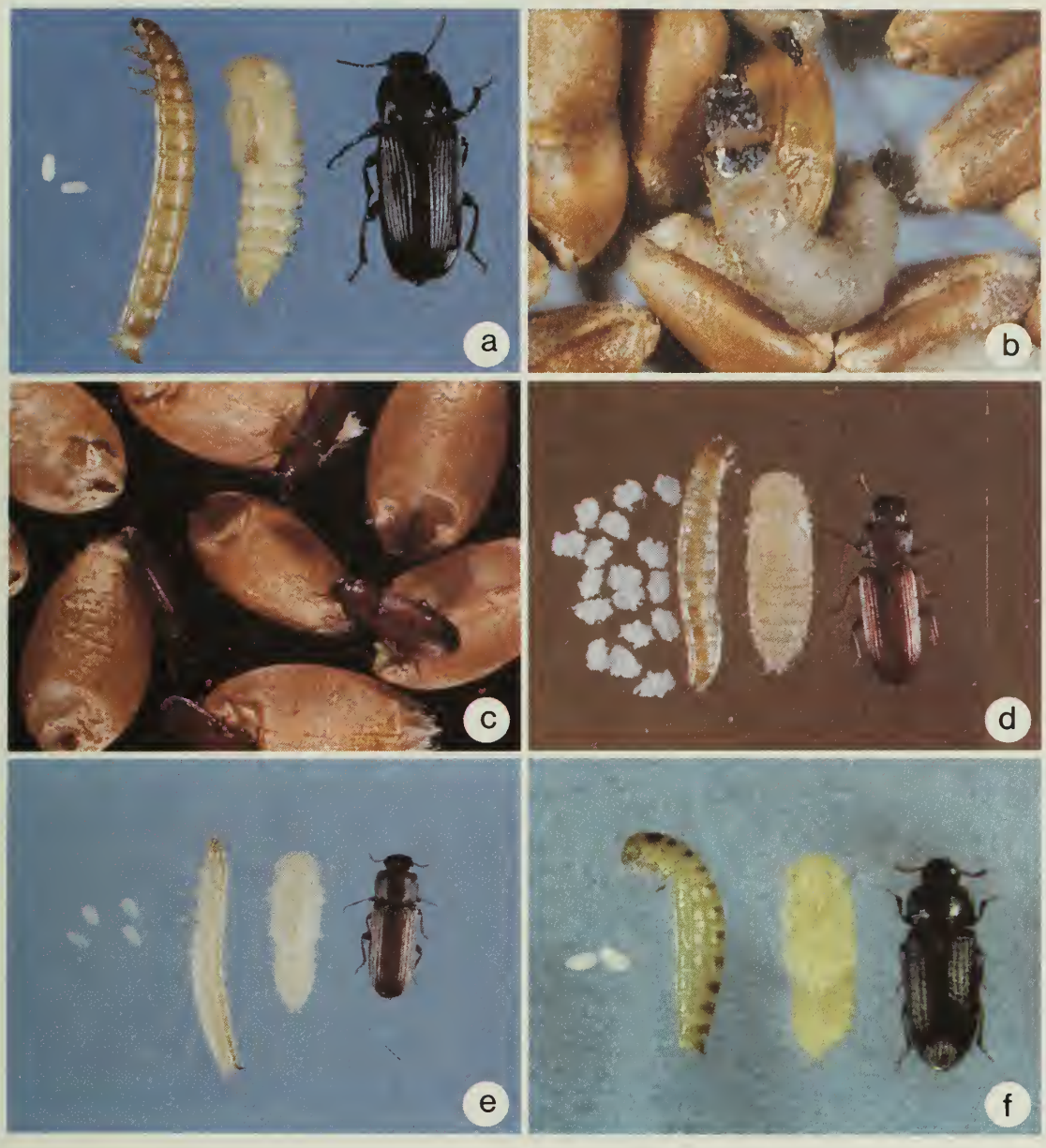

Planche II*a* Stades du ténébrion meunier (*de gauche à droite*) : oeufs, larve, pupe, adulte.
b Larve de la cadelle, sur des grains de blé.
c Grains de blé infestés par des triboliums rouges de la farine adultes.
d Stades du tribolium rouge de la farine (*de gauche à droite*) : oeufs, larve, pupe, adulte.
e Stades du tribolium brun de la farine (*de gauche à droite*) : oeufs, larve, pupe, adulte.
f Stades du tribolium noir d'Europe (*de gauche à droite*) : oeufs, larve, pupe, adulte (d'après Sinha et Watters, 1985).

cellule trahissent une activité biologique (moisissures, insectes, acariens ou respiration du grain) qui cause la détérioration de la récolte.

Comme le CO_2 se déplace des poches ou des foyers de dégradation vers le grain environnant, les points d'échantillonnage des gaz n'ont pas besoin d'être précisément situés dans ces foyers. Mais il est préférable qu'ils le soient, par exemple au coeur de la masse à environ 1 ou 2 m sous la surface.

Matériel d'analyse du dioxyde de carbone

Les échantillons d'air peuvent être prélevés dans des tubes de plastique de petit diamètre installés temporairement ou en permanence dans la masse de grains, au moyen d'une pompe actionnée à la main, d'une seringue ou d'une pompe électrique. On peut doser le CO_2 au moyen d'un détecteur électronique.

On peut aussi utiliser des tubes doseurs à usage unique, peu coûteux (de 1,50 à 4,00 $ chacun, en 1989), qui changent de couleur selon la concentration de CO_2 qui les traverse. On peut s'en procurer chez la plupart des détaillants de matériel de sécurité (fig. 8).

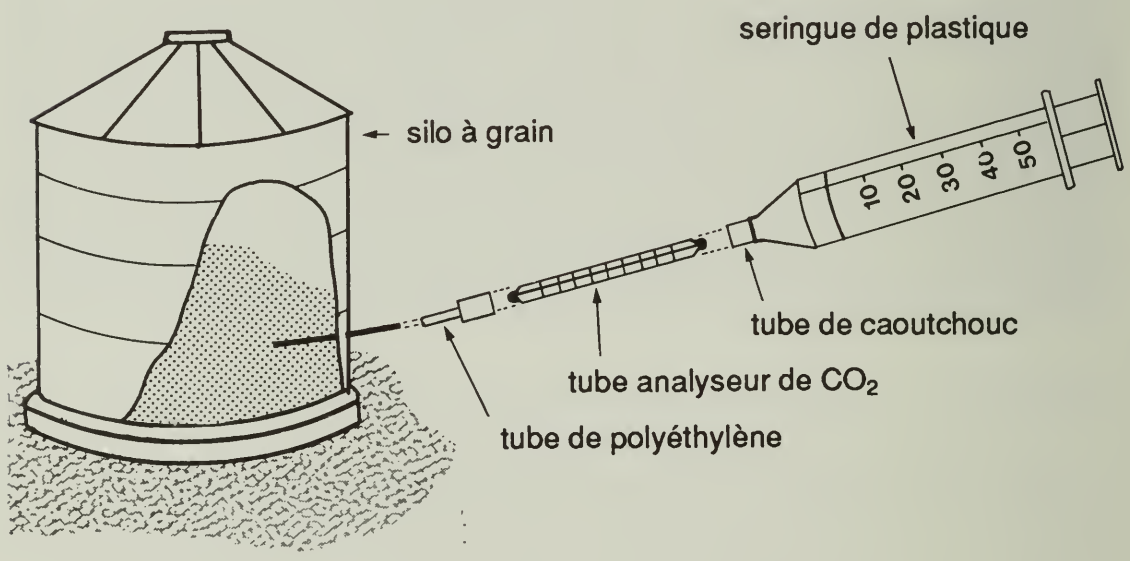

Fig. 8 Dispositif pour déceler l'altération du grain et des graines oléagineuses par le dosage du dioxyde de carbone.

IDENTIFICATION DES ORGANISMES

PARASITES COMMUNS DES PRODUITS ENTREPOSÉS

Sur plus de 100 insectes et acariens que l'on trouve au Canada dans les produits entreposés, peu d'entre eux causent des dommages graves; la plupart sont mycophages, détritivores, prédateurs et parasites.

Les coléoptères et les lépidoptères, les plus communs de ces insectes, traversent quatre stades évolutifs : l'oeuf, la larve, la pupe et l'adulte (fig. 9). Quant aux psocoptères et aux acariens, ils passent par les stades de l'oeuf, de la nymphe et de l'adulte.

Oeuf La ponte s'effectue soit dans les crevasses du tégument des grains ou dans la poussière et les débris des cellules d'entreposage. Chez certaines espèces, telles que la calandre des grains, elle s'effectue à l'intérieur du grain.

Larve C'est le seul stade de croissance. La larve consomme plusieurs fois son propre poids de nourriture et, comme son tégument est rigide, elle mue périodiquement, ce qui lui permet de grossir. Les exuvies que l'on trouve dans les grains et les graines oléagineuses ainsi que leurs produits sont un signe qu'il y a ou qu'il y avait des insectes.

Pupe Formée après la dernière mue larvaire, elle ne se nourrit pas. Chez certaines espèces, elle est renfermée dans un cocon tissé par la larve. Durant la pupaison, l'insecte subit une métamorphose interne et externe qui mène au stade adulte.

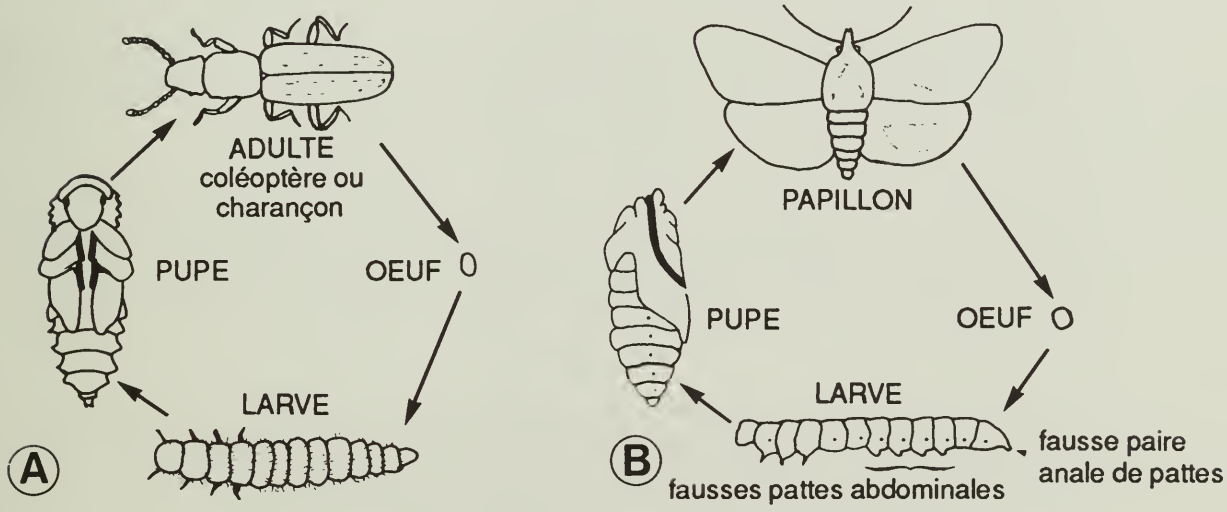

Fig. 9 Cycles évolutifs des insectes des produits entreposés : *A*, coléoptère; *B*, lépidoptère (d'après Scotti, 1978).

Adulte Chez les insectes des grains entreposés, l'adulte mesure entre 0,1 et 1,2 cm de longueur. Mû par trois paires de pattes, le corps se divise en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen. La tête porte les pièces buccales et les organes des sens; au thorax s'articulent les pattes et les ailes; l'abdomen renferme les organes reproducteurs. Les adultes se déplacent dans les interstices entre les grains et peuvent pénétrer profondément dans la masse, à l'exception des lépidoptères et des ptinidés. Certains de ces insectes peuvent voler et possèdent une large aire de répartition. Les coléoptères possèdent des ailes peu développées, et certaines espèces sont incapables de voler, même si le cucujide roux et le tribolium rouge de la farine peuvent très bien voler.

Coléoptères

Ils se ressemblent souvent, mais diffèrent par leur comportement ainsi que par le rôle de parasites qu'ils tiennent. Il importe de déterminer l'espèce avant d'intervenir. Il existe un guide détaillé d'identification (Bousquet, 1990) des espèces auxquelles on peut avoir affaire. Voici les caractéristiques des principaux coléoptères des grains et des graines entreposés au Canada.

Le cucujide roux Dans la plupart des régions du Canada, c'est l'ennemi numéro un des grains entreposés (planche I *a* et *b*). Il se nourrit habituellement de l'embryon ou germe du grain. Ses proliférations provoquent l'échauffement et la détérioration du grain. De forme aplatie, rectangulaire, luisant, brun roux, l'adulte mesure 0,2 cm de long et possède de longues antennes en forme de chapelet disposées vers l'avant en forme de V. Il se déplace rapidement parmi le grain chaud et peut voler lorsque la température de l'air dépasse 23 °C. La ponte est déposée dans les crevasses des grains et dans la poussière de ces derniers. Minuscules, les larves pénètrent dans le germe des grains endommagés et s'en nourrissent. Le cucujide parvient au stade adulte environ 21 jours après la ponte, dans le blé d'une humidité de 14,5 % et d'une température de 31 °C.

Le cucujide plat Par l'aspect et les habitudes alimentaires, il ressemble au précédent, sauf que les mâles possèdent des antennes plus longues. Parasite important du grain entreposé dans le nord des États-Unis, il fait son apparition dans les cellules du sud des Prairies canadiennes.

Le tribolium rouge de la farine Ce parasite (planche II *c* et *d*) se manifeste dans les grains et graines oléagineuses entreposés dans les exploitations agricoles et dans les installations primaires des provinces des Prairies et de la majeure partie du Canada. L'adulte est brun rougeâtre et mesure 0,4 cm de long. Les larves et les adultes se nourrissent des grains brisés. Le stade adulte est atteint 28 jours après la ponte dans les conditions optimales de température (31 °C) et

Planche III Insectes parasites (*a* à *c*) et non parasites (*d* à *f*) des grains et des graines oléagineuses : *a*, pyrale méditerranéenne; *b*, pyrale de la farine (adulte); *c*, pyrale de la farine (larve); *d*, un coléoptère cétonide à allure de fourmi; *e*, charançon de la racine du fraisier; *f*, un dermeste (gracieuseté de Lloyd Harris, Agriculture Saskatchewan, Regina).

d'humidité (15 %). Si l'humidité est à peine 8 %, le développement est plus lent. Par temps chaud, les adultes s'envolent ou peuvent être transportés par le vent dans les maisons ou d'autres bâtiments.

Le tribolium brun de la farine L'adulte (planche II *e*) ressemble à celui du tribolium rouge et il est difficile de le distinguer sans l'aide d'un microscope ou d'une loupe. Les larves et les adultes se nourrissent de farine, d'aliments pour animaux et d'autres matières moulues. Contrairement au tribolium rouge, le brun est plus répandu dans les meuneries qu'ailleurs, et les adultes ne volent pas.

Le tribolium noir d'Amérique Semblable au tribolium rouge de la farine, il est cependant plus gros et noir. On le trouve d'habitude dans les entrepôts vides, mais il pullule rarement dans les grains et les graines oléagineuses entreposés à la ferme.

Les coléoptères mycophages Ils infestent en général les grains et graines oléagineuses humides ou gourds, et se nourrissent de la poussière et des moisissures qu'on y trouve. Les semences sèches entreposées en vrac à proximité de grains gourds ou humides en vrac peuvent aussi être infestées. Le cucujide des grains, ainsi que *Lathridius minutus et Cryptophagus varus* sont les plus répandus de ces insectes dans les grains et graines oléagineuses entreposés. Comme certains ressemblent au cucujide roux et sont à peu près de la même taille, n'utiliser de moyens chimiques de lutte qu'après identification correcte des insectes.

Les coléoptères mycophages sont aussi préoccupants que le cucujide roux, car ils sont le signe d'une forte humidité et de moisissures, c'est-à-dire de la dégradation de la récolte. Il faut retourner cette dernière et la faire sécher afin de disperser les poches de grain gourd ou humide. Comme la fumigation n'arrêtera pas les moisissures ou l'échauffement de détériorer les grains, veiller à faire transporter sans délai la récolte; sinon sa dégradation pourra entraîner des pertes considérables.

Le cucujide dentelé des grains Ces coléoptères (planche I *c*) sont plus communs dans l'avoine que dans le blé, l'orge ou le canola, notamment dans le sud de l'Ontario et du Québec. L'adulte est brun, mesure environ 0,3 cm de long, et son thorax s'orne de chaque côté de six projections dentelées. Dans le grain chaud, aux conditions optimales de 31 à 34 °C et de 14 à 15 % d'humidité, il lui faut environ 22 jours après la ponte pour atteindre le stade adulte.

La calandre des grains C'est l'un des fléaux des greniers à grain du monde (planche I *e*). Dans les Prairies, il est rare, mais on l'observe en Ontario. Les adultes possèdent un appendice nasal distinctif dont ils se servent pour creuser les grains de céréales. La femelle dépose un seul oeuf dans un trou creusé dans chaque grain, puis obture l'ouverture au moyen d'une substance gélatineuse. Les larves se nourrissent de l'endosperme et achèvent leur croissance à l'intérieur

du grain. Les pupes se transforment en adultes qui percent des trous sur le côté des grains pour en sortir. Dans les conditions optimales (de 26 à 30 °C et 14 % d'humidité), il faut de 25 à 35 jours après la ponte pour atteindre le stade adulte. L'adulte mesure de 0,3 à 0,4 cm de long et ne peut pas voler. Surpris, il replie ses pattes sous son corps et feint d'être mort.

Le charançon du riz Ces dernières années, on l'a observé dans les entrepôts du sud-ouest de l'Ontario et dans certains silos des Prairies. De 0,2 à 0,4 cm de longueur, l'insecte (planche I *f*) porte quatre taches bien nettes d'une couleur orange rougeâtre sur ses élytres, qui sont repliés sous l'abdomen. Le passage de l'oeuf à l'adulte se fait en 28 jours à 30 °C et à 14 % d'humidité. L'adulte peut voler.

Le ptine velu Parasite surtout de la farine de blé et des aliments pour animaux, il peut aussi infester, près de la surface, le grain entreposé. Les larves et les adultes de cette espèce sont armés de mandibules puissantes qui leur permettent de percer de gros trous irréguliers dans l'endosperme des grains. Mesurant 0,35 cm de longueur, l'adulte possède de longues pattes arachnéennes et de longues antennes minces. Cet insecte a une seule génération par année. Souvent, trois ou quatre larves peuvent agglomérer cinq à huit grains pour former un amas à l'intérieur duquel elles se nourrissent et croissent pendant jusqu'à 5 mois; par la suite, chacune se construit une loge de pupaison d'où émergera l'adulte.

Le ténébrion meunier Géant des insectes observés dans les grains entreposés (planche II *a*), il n'est pas répandu sur la ferme. Il infeste d'abord les aliments pour animaux, puis emménage dans les grains entreposés en train de se détériorer. L'adulte, noir, mesure environ 1,5 cm de long; les larves, jaunes, mesurent de 0,2 à 2,8 cm de long. Ces insectes préfèrent les endroits obscurs et humides dans les entrepôts ou les cellules d'entreposage des aliments pour animaux. L'adulte vit plusieurs mois, tandis que les larves peuvent prendre d'une à deux années pour se transformer en pupes quand les conditions sont rigoureuses. En raison de leur grosseur, ils sont faciles à voir et semblent souvent plus nombreux qu'ils ne le sont réellement. Leur présence est le signe de mauvaises conditions d'entreposage.

Psocoptères

Ces insectes sont légèrement plus gros que les acariens des grains. L'adulte, au corps mou, mesure environ 1,0 mm de long. Sa grosse tête porte de longues antennes, et certaines espèces sont ailées, ce qui peut les faire confondre avec de petites mouches (fig. 10 *C*). La femelle pond une centaine d'oeufs en 3 semaines, lesquels donneront des adultes au cours de l'été. Le passage de l'oeuf au stade adulte en passant par celui de la nymphe se fait en environ 21 jours à 27 °C et à 13 % d'humidité; certains adultes peuvent vivre 51 jours sans nourriture. La plupart

du temps, les psocoptères ne causent aucun problème grave, même s'ils peuvent se nourrir de grains endommagés et qu'ils se trouvent dans le grain gourd ou humide. Parfois, ils infestent de vastes régions, sans avertissement, mais ne causent pas de dommages aux récoltes entreposées. On les trouve habituellement avec d'autres insectes ou avec des acariens qui sont des fléaux plus graves des grains et des graines oléagineuses entreposés, et ils se nourrissent souvent de leurs oeufs.

Lépidoptères

Ces insectes nuisibles sont répandus dans le centre du Canada ainsi que sur la côte est et ouest. Les adultes ne se nourrissent pas, mais leurs larves sont dotées de pièces buccales puissantes et elles causent des dommages superficiels graves au grain entreposé. Le froid de l'hiver jugule d'habitude leurs infestations, de sorte que l'insecte est surtout confiné aux couches superficielles des grains humides ou gourds qui peuvent s'échauffer.

Fig. 10 Images prises au microscope électronique à balayage : *A*, cheylète cannibale et ses grosses pièces buccales prenantes (*flèches*); *B*, ciron de la farine; *C*, psocoptère ailé aux longues antennes (*flèches*).

La pyrale de la farine Modérément résistant au froid, cet insecte (planche III *b* et *c*) peut hiverner dans les greniers de ferme non chauffés des Prairies et y prospérer au cours des mois où le temps est chaud. Il hante d'habitude les poches de grain humide et moisi. De couleur crème, les larves possèdent une tête noire et mesurent environ 2 cm de long au terme de leur croissance. Elles sécrètent une substance soyeuse qui agglutine les grains en amas. L'envergure du papillon est de 2,5 cm. Les ailes antérieures sont brun pâle, ornées de plaques brun foncé aux extrémités proximales et distales. Chaque aile est aussi décorée de deux stries blanches, ondulées. En été, le cycle évolutif est accompli en 2 mois environ.

La pyrale indienne de la farine Elle est répandue dans le centre du pays, surtout sur le maïs ainsi que sur les aliments transformés de l'homme et des animaux (planche I *d*).

Hoffmannophila pseudo-spretella, Endrosis sarcitrella et la pyrale méditerranéenne de la farine Ces insectes (planche III *a*) sont communs dans le grain, sur la côte est et ouest.

Acariens

Ce sont les plus petits des ravageurs des produits entreposés. Communs dans le grain d'une humidité de 14 à 17 %, ils passent néanmoins inaperçus en raison de leurs dimensions microscopiques. Appartenant à la même classe que les araignées et les mille-pattes, se sont des créatures fragiles, difficiles à voir à l'oeil nu (fig. 10 et 11). Contrairement à l'insecte adulte, qui possède une tête, un thorax, un abdomen et six pattes distinctes, l'acarien adulte possède un corps en forme de sac avec huit pattes; la larve en possède six. Résistants au froid, les acariens se nourrissent pour la plupart de grains brisés, de semences de mauvaises herbes, d'impuretés, de moisissures. Ils sont donc bien adaptés à l'infestation des produits entreposés. Certains, comme le cheylète cannibale, dévore ses congénères, d'autres acariens ou des oeufs d'insectes. Ils se reproduisent dans les poches de grains gourds et humides de céréales et de canola. Le quart des grains en vrac peut être infesté par eux. On en connaît huit espèces communes dans les greniers des fermes et les silos. Certaines espèces confèrent aux grains et graines oléagineuses infestés une forte odeur de menthe. Leur cycle évolutif passe par les stades suivants : l'oeuf, la larve à six pattes, deux ou trois stades de nymphes à huit pattes et l'adulte à huit pattes. Certains acariens traversent un stade où ils ne se nourrissent pas (larves hypopes) au cours de laquelle ils deviennent résistants au froid hivernal, à la dessiccation, à la faim et à la plupart des fumigants; ils peuvent être mobiles ou inactifs. Le stade peut se développer tant que les conditions ne s'amélioreront pas.

Le ciron de la farine Cet acarien (fig. 10 *B* et 11 *A*) s'attaque au germe de la graine, au détriment du taux de germination, et il propage des champignons microscopiques (moisissures), dont il se nourrit aussi. Le grain fortement infesté est altéré et devient impropre à l'alimentation animale. Dans certains cas, les bovins laitiers et d'autres animaux de la ferme souffrent de troubles gastriques et d'autres symptômes après avoir ingéré des aliments infestés. Les adultes mesurent de 0,3 à 0,6 mm de long, les femelles étant plus grosses que les mâles. Cet acarien de couleur blanc perle à brun jaune possède un corps lisse et lustré, orné de quatre longs poils plantés dans son postérieur. Ses effectifs peuvent se multiplier jusqu'à sept fois en une semaine dans les grains et graines oléagineuses entreposés, notamment en automne. Les femelles peuvent pondre environ 500 oeufs au cours de leur vie de 42 jours. À 20 °C et à 14 % d'humidité, le passage de l'oeuf à l'adulte se fait en 14 jours. Les adultes et tous les stades antérieurs, sauf l'hypope, meurent en une semaine environ à la température de −18 °C. Les oeufs peuvent survivre 12 jours environ à −10 °C ou 2 à 3 mois à 0 °C.

Le glycophage destructeur Acarien (fig. 11 *D*) le plus commun des produits entreposés, résistant au froid, il peut vivre dans le grain et les graines oléagineuses secs et gourds. Il se déplace rapidement à une allure saccadée et se nourrit de grains brisés, de poussières de grain et de champignons microscopiques. Blanc, l'adulte mesure de 0,3 à 0,5 mm de long et porte sur son corps de nombreux poils rigides qui sont plus longs que son corps. Dans les greniers des exploitations agricoles, les infestations chroniques de cet acarien surviennent généralement entre juin et novembre. Il peut survivre plus de 7 jours à −18 °C.

Le cheylète cannibale Comme son nom l'indique, cet acarien (fig. 10 *A*) se nourrit de cirons de la farine, de glycophages destructeurs, d'oeufs et de larves d'insectes. Comme il n'est pas assez abondant pour éliminer les acariens parasites des grains ou des graines oléagineuses, il n'est pas très utile à la lutte biologique contre les acariens granivores. Losangique, son corps blanc de 0,4 à 0,6 mm de long s'orne d'une ligne longitudinale blanc crayeux. Près de sa bouche, on observe des appendices préhensiles en forme de pinces. Les pattes sont longues. L'acarien est actif en toute saison dans la masse du grain, en général en petits nombres. Dans la plupart des grains et graines oléagineuses gourds, il peut se reproduire entre 12 et 27 °C.

Le tarsonème des grains Ce mycophage (fig. 11 *E* et *F*) fréquemment observé dans les vieux stocks de grain et de graines oléagineuses entreposés à la ferme parvient, dans les conditions optimales (30 °C et humidité de 17 %), au stade adulte 7 jours après la ponte. Comme il se nourrit de certaines moisissures, sa présence est le signe d'une dégradation du grain. De couleur orange vif ou jaunâtre, l'adulte mesure moins de 0,2 mm de long. Il peut vivre environ 17 jours à 30 °C et à une humidité relative de 90 %.

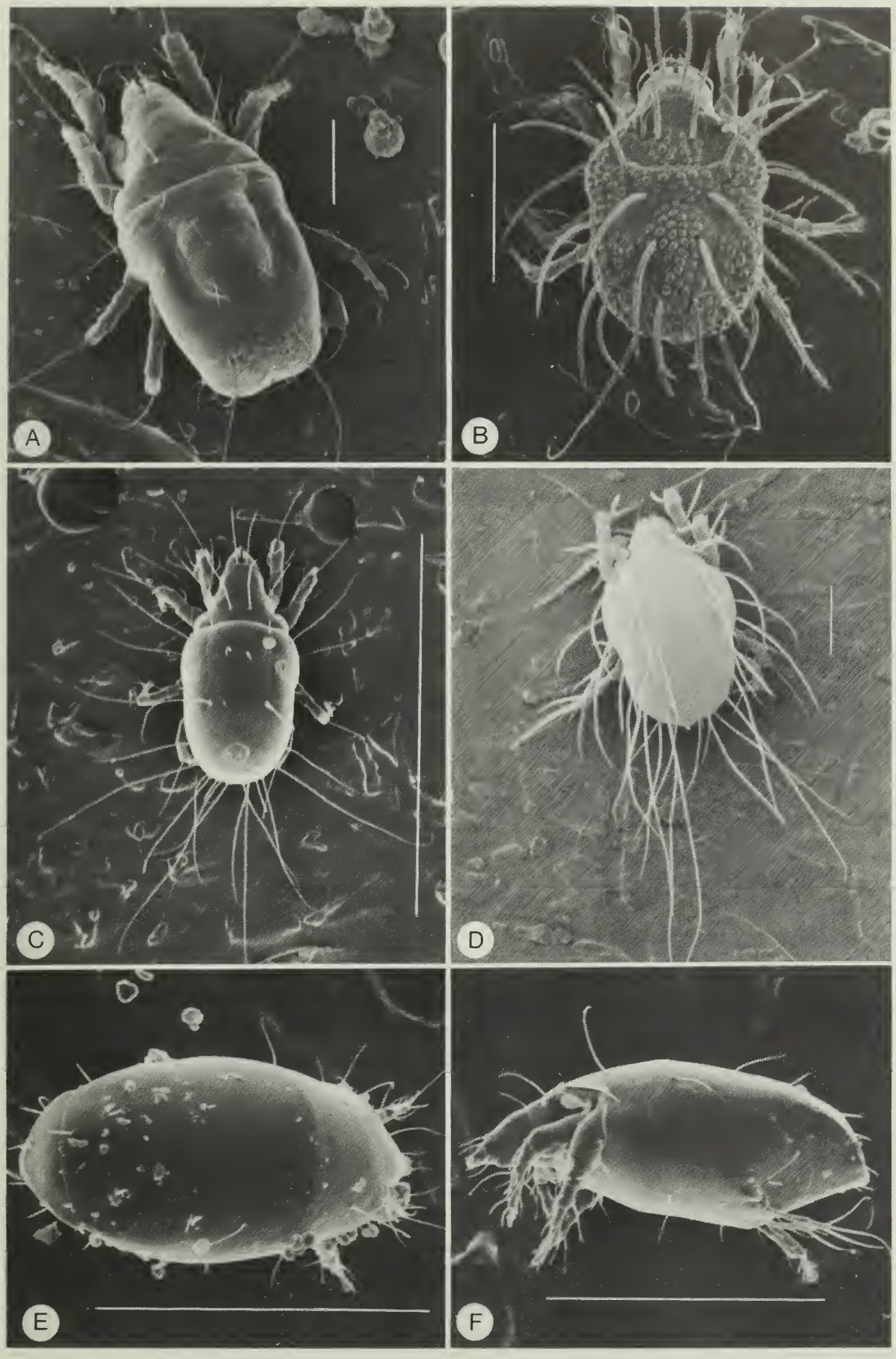

Fig. 11 Images prises au microscope électronique à balayage de certains acariens importants des produits entreposés : *A*, *ciron de la farine*; *B*, *Aeroglyphus robustus*; *C*, *Tyrophagus putrescentiae*; *D*, glycophage destructeur; *E*, femelle du tarsonème des grains, vue d'en haut; *F*, la même vue de côté (sur chaque photographie la barre représente 0,1 mm).

MOISISSURES

Ces organismes se présentent surtout sous forme de spores dans le sol et sur la matière végétale en décomposition. Ces spores contaminent les grains et les graines oléagineuses en petit nombre au cours de la récolte.

Quand le grain est peu humide, les moisissures sont d'habitude inactives. Toutefois, lorsque l'humidité est forte, comme dans le grain gourd, humide ou accidentellement mouillé, les spores se mettent à germer. On trouve plusieurs espèces des genres *Aspergillus* et *Penicillium* sur les grains. Chaque espèce exige, pour germer et croître, un degré d'humidité et une température spécifiques, et elle se développe selon une séquence définie. La première décompose les substances nutritives du grain grâce à son activité enzymatique et produit ainsi de l'humidité qui favorise la germination d'autres moisissures.

Ces moisissures peuvent diminuer la qualité des grains et des graines oléagineuses en provoquant l'échauffement et la dégradation, le tassement ou l'agglomération, la baisse du pouvoir germinatif et la production de mauvaises odeurs et de mycotoxines. Pour plus de renseignements sur les moisissures et leurs effets sur les produits agricoles entreposés, consulter *La détérioration et l'échauffement des produits agricoles entreposés : comment les prévenir, les détecter et y remédier* (Mills 1989).

MYCOTOXINES

Produites par les champignons microscopiques, elles sont toxiques pour la plupart des animaux de la ferme et pour l'homme. Les *Aspergillus et Penicillium* des grains et graines oléagineuses en produisent à la température et au degré d'humidité favorables. On a parfois trouvé des mycotoxines dans les régions du Canada où l'humidité est forte.

Quand elles sont présentes, les mycotoxines très toxiques se trouvent à des concentrations qui ne sont décelables que par des analyses chimiques longues et complexes. À la concentration du millionième ou moins, la santé des animaux de ferme peut en souffrir. Nourris avec du grain ou des aliments moisis, ils souffrent d'une perte de mobilité et de productivité. Dans certains cas extrêmes, ils peuvent mourir. S'ils soupçonnent une intoxication par les mycotoxines, les producteurs devraient consulter leur vétérinaire.

Les grains et les graines oléagineuses entreposés peuvent être contaminés par les moisissures bleues *Penicillium* et par l'*Aspergillus versicolor* à cause d'une humidification accidentelle ou d'un entreposage mal conduit. Des souches productrices de mycotoxines peuvent apparaître. On a observé les mycotoxines suivantes dans les récoltes entreposées à l'état humide : l'ochratoxine A, la citrinine et la stérigmatocystine. Selon le peu de renseignements expérimentaux dont on dispose, on leur attache un risque bien précis :

- risque faible : avoine, blé HY320, blé roux de printemps dur, orge à 2 rangs;
- risque modéré : maïs, orge à 6 rangs;
- risque élevé : blé durum ambré.

En période de fortes pluies, des champignons de plein champ du type *Fusarium* ont infecté le blé sur pied, provoquant ainsi une maladie appelée fusariose de l'épi, laquelle donne lieu à la production de faibles concentrations de mycotoxines trichothécéniques. Il n'est pas à conseiller de nourrir les animaux avec du grain que l'on soupçonne d'être contaminé par les mycotoxines, notamment les porcins et la volaille. Pour plus de renseignements sur l'alimentation du bétail avec du grain moisi, consulter *Réduction des mycotoxines dans les aliments destinés aux animaux* (Trenholm *et al.*, 1988).

LUTTE CONTRE LES INFESTATIONS

Pour empêcher que les infestations ne se répandent à d'autres entrepôts de grains, il faut combattre les parasites dès qu'on en découvre l'existence. La méthode de lutte dépend de l'état du grain, de la température du coeur de la masse, des espèces d'insectes ou d'acariens ainsi que de la période de l'année.

REFROIDISSEMENT ET PURIFICATION DU PRODUIT

Une méthode efficace de lutte contre les insectes en hiver est l'abaissement de la température du coeur de la masse dans la cellule, soit par mélange et transfert vers un autre entrepôt, soit par transbordement d'une partie de la récolte dans un camion ou sa mise en petit tas exposé au froid extérieur, pendant au moins une journée, suivi de son entreposage à nouveau. On peut aussi recourir à l'aération. Les insectes ne se développent pas et ne se nourrissent pas aux températures inférieures à 10 °C. Sous 0 °C, ils finissent par mourir. Le cucujide roux est éliminé :

- après 2 semaines à la température du coeur de la masse à – 15 °C;
- après 6 semaines à la température du coeur de la masse à – 10 °C;
- après 8 semaines à la température du coeur de la masse à – 5 °C.

Comme le cucujide roux est l'espèce la plus résistante au froid, la plupart des autres insectes peuvent aussi être efficacement combattus par ces combinaisons de température et de durée d'exposition. Cependant, le froid ne tue pas les champignons microscopiques ni tous les acariens.

La purification du grain stoppe les infestations. Pour combattre l'infestation en surface des acariens, des lépidoptères et des ptines, enlever et détruire les parties infestées ou recouvertes de toiles, râteler la surface pour briser la croûte, puis faire sécher la masse de grain.

TRAITEMENT AUX INSECTICIDES

Attention : Au Canada, les insectes parasites des produits agricoles entreposés acquièrent de plus en plus de résistance aux insecticides, notamment la pyrale indienne de la farine, dans le Centre du Canada, ainsi que le tribolium rouge de la farine, le tribolium brun de la farine et le cucujide roux, dans la majeure partie du pays. L'usage répété du même insecticide au même endroit accroît la probabilité du phénomène. Il faut donc recourir à plus d'une méthode de lutte et de prévention et *n'utiliser d'insecticides que lorsque c'est absolument nécessaire.*

Contre les insectes qui hantent les résidus des entrepôts vides, n'utiliser qu'un insecticide approuvé à cette fin et prendre les précautions nécessaires au cours de la manutention et de l'emploi du produit. Les insecticides approuvés sont choisis en grande partie en fonction des caractéristiques suivantes :

- toxicité faible à l'égard des mammifères, mais forte à l'égard des insectes
- pas de détérioration des aliments ni d'odeur communiquées à ces derniers
- non-persistance des effets sur l'environnement
- emploi sûr, économique et facile
- présence de résidus ou de produits toxiques négligeables dans les aliments.

Certains insecticides sont plus efficaces et sont d'un effet plus durable que les autres. Le malathion de qualité supérieure est, actuellement, l'insecticide homologué pour le traitement des cellules vides et la protection à long terme des produits entreposés. Les pyréthrines et le pipéronyl-butoxyde sont également homologués pour le traitement des cellules d'entreposage vides.

Comme les pulvérisations et les poudres insecticides n'agissent que par contact et ne pénètrent pas dans les tas de grains ou de poussière laissée sur les sols, débarrasser les entrepôts de tout résidu *avant* l'application.

Dissoudre les concentrés émulsifiables de malathion dans de l'eau propre de façon à obtenir une émulsion laiteuse et la projeter sans délai sur les surfaces métalliques et le bois afin d'éviter la séparation de l'émulsion. Les concentrés émulsifiables se dégradent plus rapidement et sont moins efficaces sur les surfaces de béton et de brique que sur celles de bois ou d'acier. La plupart des insecticides se

dégradent en quelques jours sur le béton, mais peuvent rester efficaces pendant au moins une année sur le bois ou l'acier. Il ne faut pas pulvériser près des interrupteurs ou des boîtes à fusibles.

Les poudres mouillables peuvent être pulvérisées sur le béton, la brique, le métal ou le bois (fig. 12 *B*). Mélanger les préparations de malathion en poudre mouillable avec de l'eau propre dans un récipient séparé avant d'en remplir le pulvérisateur. L'application de poudres mouillables sur les surfaces peintes laisse de petites taches blanches.

Par temps froid, il vaut mieux utiliser les solutions huileuses d'insecticides que les pulvérisations aqueuses parce qu'elles ne gèlent pas. Les solutions huileuses peuvent être préparées par mélange de l'insecticide à du kérosène désodorisé, selon les instructions de l'emballage, et elles peuvent être utilisées près des commutateurs électriques. Les surfaces de bois ou de métal peuvent être traitées et les cellules vides soumises à une nébulisation, mais on évitera de traiter les surfaces de plastique ou de caoutchouc avec les solutions huileuses.

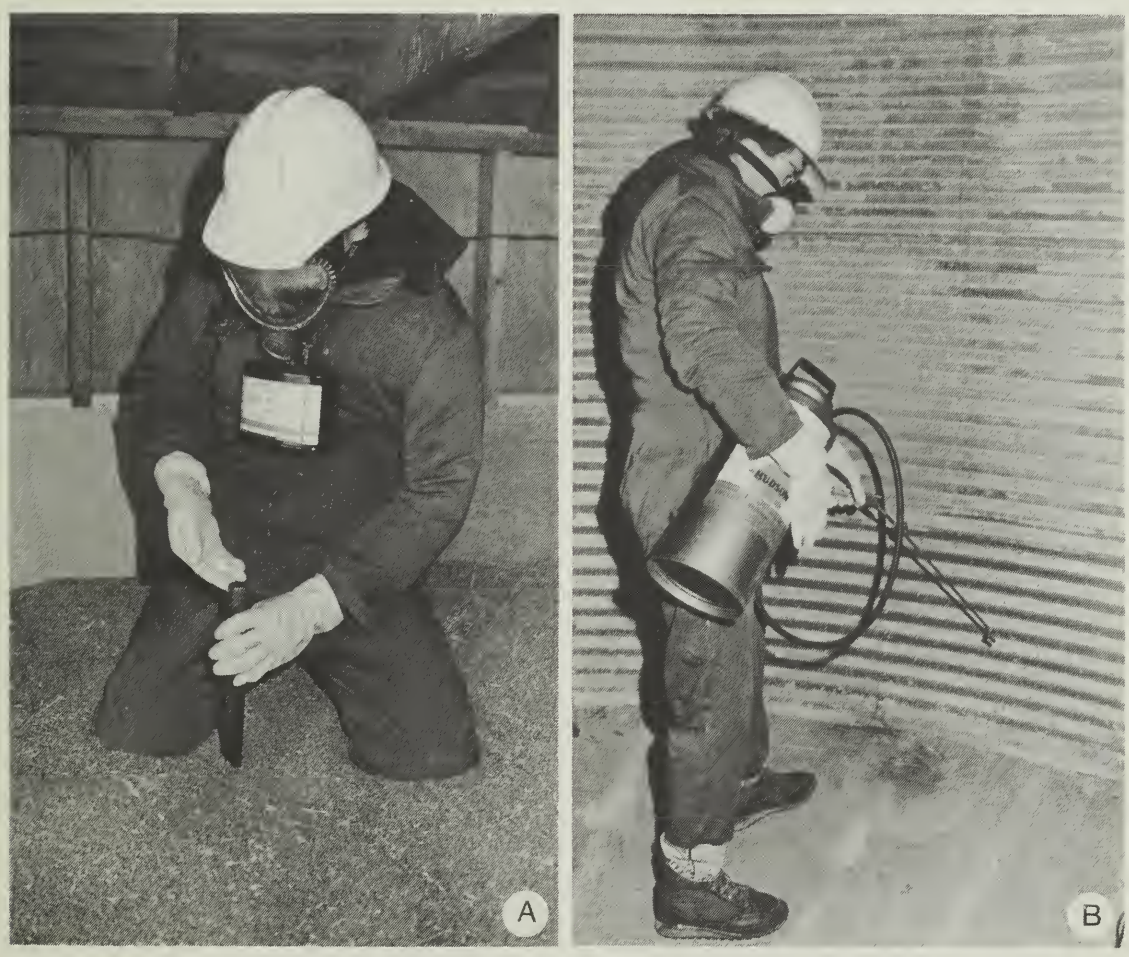

Fig. 12 ***A*****, Traitement du grain au moyen de comprimés de fumigant;**
B**, Traitement d'un entrepôt vide avec un insecticide de contact. Observer le masque à gaz recouvrant entièrement le visage, les gants de caoutchouc, la combinaison et le casque dur.**

Les insectes qui se cachent sous le plancher ou derrière les lambris peuvent être combattus au moyen de poudres insecticides, ces endroits étant difficiles à traiter avec les insecticides liquides. Ces poudres sont d'habitude des préparations industrielles de malathion enrobant de la farine de blé traitée. Utiliser une poudreuse ou balayer la poudre dans les fissures du plancher.

Les graines oléagineuses absorbent les insecticides de contact des surfaces traitées. Par conséquent, on évitera de traiter les cellules destinées à leur entreposage. Si l'entrepôt est infesté, y passer le balai, détruire les balayures et traiter d'une façon modérée les angles du plancher et des murs seulement.

Si on voit des insectes parasites sur les murs extérieurs, pulvériser ces derniers et le sol des abords. Même si les insectes ne sont pas facilement visibles, il est conseillé de traiter non seulement le grain répandu sur le sol, mais aussi tous les abords de l'entrepôt ainsi que le dessous des cellules surélevées.

Précautions à prendre au cours du traitement insecticide

- Lire le mode d'emploi et s'y conformer.
- Vérifier si le pulvérisateur et les tuyaux ne fuient pas.
- Éviter de renverser de l'insecticide.
- Porter un masque protecteur muni des filtres approuvés durant l'application dans des endroits fermés tels que les entrepôts vides.
- Porter des vêtements protecteurs, un casque dur, des lunettes, des bottes de travail en caoutchouc et des gants de caoutchouc durant le mélange et la pulvérisation.

Emploi de concentrés

La quantité d'eau de dilution des concentrés émulsifiables ou des poudres mouillables dépend de la quantité d'insecticide dans le concentré ainsi que de la dose d'insecticide recommandée pour combattre le ravageur. Voici comment calculer la quantité d'eau à ajouter à un concentré émulsifiable à 50 % pour obtenir une solution à pulvériser de malathion à 1 % :

$$(50 - 1)/1 = 49/1 = 49$$

Par conséquent, il faut ajouter une partie (0,1 L) d'une émulsion à 50 % à 49 parties (4,9 L) d'eau pour obtenir une solution à pulvériser à 1 %.

On doit se servir de la solution à pulvériser à 1 % de malathion pour combattre le cucujide roux dans les greniers vides de ferme. Il faut traiter environ 2 à 4 semaines avant la mise en entreposage, même si le traitement peut se faire la veille. On doit appliquer de

façon égale au moyen d'un pulvérisateur portatif à air comprimé, à raison de 5 L sur 100 m^2 au moyen d'une buse à orifice d'un diamètre de 0,4 mm pour les concentrés émulsifiables ou les solutions huileuses ou, encore, d'un diamètre de 0,8 à 1,2 mm pour les solutions de poudre mouillable.

Traitement des grains

Ce traitement ne saurait remplacer les bonnes méthodes d'entretien; toutefois, des spécialités de malathion de qualité supérieure existent pour le traitement durable des céréales (de 8 mois à 1 an) au moment de l'entreposage. On utilise soit un insecticide liquide qu'on pulvérise sur le grain, soit de la poudre composée de farine de blé traitée, qu'on mêle au grain à des doses variant selon le débit de ce dernier dans la vis à grain.

Suivre le mode d'emploi Si le traitement se fait à une dose excessive, l'odeur peut abaisser le prix de vente du grain. Le grain traité à l'insecticide ne devrait pas être vendu dans les 7 jours qui suivent le traitement ou ne devrait pas servir à l'alimentation des animaux avant 60 jours.

Pour traiter le grain avec du malathion de qualité supérieure à 1 %, il faut pulvériser ce dernier à raison de 0,8 L/t de blé. Consulter le tableau 2 pour déterminer la quantité et la dose de malathion. Le traitement est efficace à des fins de protection[1], mais le grain devrait être entreposé dans de bonnes conditions et renfermer moins de 14 % d'humidité, sinon l'insecticide se dégradera rapidement au détriment de son activité résiduelle.

Tableau 2 Quantité et dose de malathion de qualité supérieure requises pour les traitements

Débit (blé)		Dose (pulvérisation, 1 %)	
t/h	t/min	L/h	L/min
3	0,05	2,4	0,04
6	0,10	4,8	0,08
9	0,15	7,2	0,12
12	0,20	9,6	0,16
15	0,25	12,0	0,20

[1] La Commission canadienne des grains ne recommande pas l'emploi d'agents de protection des grains pour les motifs suivants :
- Les problèmes d'insectes peuvent ne pas survenir.
- Il existe des méthodes de rechange, comme l'aération et le retournement du grain.
- Il subsiste des résidus chimiques dans le grain.

FUMIGATION

Les fumigants produisent des gaz toxiques qui servent à combattre les insectes du grain entreposé. Les producteurs ne peuvent se les procurer que sous forme solide. Également toxiques pour l'homme et les animaux, ils ne devraient donc être utilisés que par des personnes formées à cette fin. Il faut éviter d'inhaler les vapeurs et suivre le mode d'emploi donné sur l'emballage (voir *Précautions à prendre durant la fumigation*). Même si le CO_2 est homologué pour la fumigation du grain, il fait encore l'objet d'études pour ce qui est des détails touchant le coût, l'application et l'exposition dans les conditions existantes au Canada.

On ne devrait utiliser le phosphure d'aluminium solide, qui libère de la phosphine en contact avec l'humidité atmosphérique, que dans les conditions suivantes :

- L'opération est supervisée par une personne formée à la fumigation. (Dans certaines provinces, l'application de fumigants ne peut être faite que par des personnes agréées; en Alberta, pour acheter le produit, il faut posséder un permis.)
- La température du grain est d'au moins 10 °C. Les fumigants sont le plus efficaces à plus de 20 °C. Si le grain se trouve à une température inférieure à 5 °C, il faut le refroidir pour abaisser la gravité de l'infestation en le transportant dans une autre cellule ou en l'aérant au lieu de le traiter par fumigation.
- Le grain infesté se trouve dans une cellule qui peut être rendue étanche afin de retenir le gaz pendant au moins 5 jours grâce à l'obturation des fissures, des crevasses et des autres ouvertures.
- Il faut rapidement combattre l'infestation avant de vendre le grain.
- On dispose, pour l'opération, de masques à gaz qui couvrent totalement le visage, qui sont en bonne condition et sont dotés du bidon approprié pour la phosphine, sans oublier les gants de caoutchouc et les vêtements protecteurs.
- On possède des tubes ou d'autres moyens de détection des gaz.

Application

Pour le calcul de la dose de fumigant selon le volume de la cellule, on doit tenir compte de l'espace libre au-dessus du grain entreposé. Il faut utiliser le nombre de comprimés ou de pastilles recommandé par le fabricant et ajouter le fumigant solide (phosphure d'aluminium) dans le grain déversé dans la cellule par la vis ou en l'enfonçant dans sa masse, après son entreposage. Dans les grosses cellules, on doit laisser tomber le fumigant dans le grain à des intervalles réguliers au cours du remplissage. Dans les petites cellules d'environ 27 t de capacité, il faut laisser tomber le fumigant par des tuyaux de métal plongés dans le grain (fig. 12 *A*). On doit choisir une douzaine de points également répartis à la surface du grain et les jalonner avec des piquets de bois. Il faut insérer un conduit de 3 cm de diamètre et de

1,5 m de long à chaque point et y laisser tomber le fumigant à tous les 15 cm, à mesure qu'on retire le conduit. On doit commencer le traitement dans la partie la plus éloignée de la porte de la cellule. Avant de fermer cette dernière, il faut insérer des comprimés dans le trou de la vis.

Dans les cellules qui ne peuvent pas être fermées de façon étanche au sommet, on doit couvrir le grain de polyéthylène afin de réduire la perte de fumigant et d'améliorer l'efficacité du traitement.

Précautions à prendre durant la fumigation

Bien lire le mode d'emploi et prendre les précautions suivantes :

- Toujours porter un masque à gaz couvrant tout le visage durant la fumigation du grain entreposé dans une cellule, durant le remplissage de cette dernière ou à l'entrée d'une cellule soumise à la fumigation. Si on porte la barbe, les respirateurs sont inefficaces parce qu'il est impossible d'assurer un joint étanche autour du visage.
- Avant le début du traitement, toujours installer un nouveau bidon au masque à gaz. Utiliser le type recommandé pour la phosphine. Le bidon *ne protège pas* contre les fortes concentrations à l'intérieur des bâtiments (c'est-à-dire à plus de 2 % dans l'air) et *ne fournit pas* d'oxygène.
- Ne jamais travailler seul.
- Porter des gants de caoutchouc, une combinaison ainsi qu'un casque dur.
- Transporter à l'air frais toute personne montrant des symptômes de surexposition à un fumigant et appeler sans tarder le médecin. Les symptômes d'intoxication sont l'étourdissement, les troubles de la vision, le vomissement et les douleurs abdominales.
- Après l'application du fumigant, fermer les portes (clouage, cadenassage, etc.), sceller les ventilateurs et apposer un écriteau d'avertissement sur la porte.
- Après une semaine, ouvrir les ventilateurs, mais ne pas entrer dans la cellule tant que les tubes détecteurs indiquent qu'il reste du fumigant. Comme le grain traité peut prendre plusieurs semaines pour s'aérer par temps froid, vérifier s'il y a du gaz résiduel au moyen de tubes détecteurs de l'extérieur de la cellule avant d'y entrer et dans la cellule durant toute période prolongée de travail à l'intérieur.

(suite à la page suivante)

Précautions à prendre durant la fumigation (*fin*)

- *Ne pas donner* de grain traité au bétail à moins que, par détection ou d'autres analyses, on ait démontré qu'il ést exempt de gaz.
- Toujours tenir compte de la direction du vent. S'il y a une habitation ou des animaux à proximité de la structure à traiter et que le vent souffle dans cette direction, remettre le traitement à plus tard, lorsque le vent sera tombé ou aura changé de direction.
- *Ne pas faire* de fumigation par temps très venteux.
- Par mesure de prudence, toujours se tenir contre le vent durant l'application du fumigant au cours du remplissage de la cellule. Éviter de se tenir face au vent quand une cellule est en cours de fumigation.
- La phosphine peut réagir avec certains métaux, notamment le cuivre, le laiton, l'argent et l'or, qu'elle corrode à température et à humidité élevées. Veiller à enlever ou à protéger le matériel qui renferme de ces métaux (moteurs électriques, filage et systèmes électroniques).

RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES

Pour plus de renseignements sur la lutte contre les infestations du grain entreposé à la ferme, écrire aux adresses suivantes :

- Station de recherches, Agriculture Canada, 195, chemin Dafoe, Winnipeg (Man.), R3T 2M9
- les entomologistes des administrations provinciales dont l'adresse est donnée en annexe
- les vulgarisateurs provinciaux ou l'entomologiste de la Commission canadienne des grains, 303, rue Main, Winnipeg (Man.) R3C 3G8.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient R.W. Sims, qui a fourni les photographies et les illustrations, ainsi que les nombreuses personnes qui ont révisé et amélioré le texte.

Ils tiennent à souligner également la contribution de l'United Grain Growers et de la Saskatchewan Wheat Pool.

NOMS VERNACULAIRES ET SCIENTIFIQUES DES PRINCIPALES ESPÈCES QUI PARASITENT LE GRAIN ENTREPOSÉ

cadelle	*Tenebroides mauritanicus* (Linné)
calandre des grains	*Sitophilus granarius* (Linné)
charançon du riz	*Sitophilus oryzae* (Linné)
cheylète cannibale	*Cheyletus eruditus* (Schrank)
ciron de la farine	*Acarus siro* Linné
ciron des champignons	*Tyrophagus putrescentiae* (Schrank)
cucujide dentelé des grains	*Oryzaephilus surinamensis* (Linné)
cucujide des grains	*Ahasverus advena* (Waltl)
cucujide plat	*Cryptolestes pusillus* (Schönherr)
cucujide roux	*Cryptolestes ferrugineus* (Stephens)
glycophage destructeur	*Lepidoglyphus destructor* (Schrank)
psocoptères	*Lepinotus reticulatus* Enderlein, *Liposcelis bostrychophilus Badonnel*, et autres espèces
ptine velu	*Ptinus villiger* (Reitter)
pyrale de la farine	*Pyralis farinalis* Linné
pyrale indienne de la farine	*Plodia interpunctella* (Hübner)
pyrale méditerranéenne de la farine	*Anagasta kuehniella* (Zeller)
tarsonème des grains	*Tarsonemus granarius* Lindquist
tribolium brun de la farine	*Tribolium confusum* Jacquelin du Val
tribolium noir d'Amérique	*Tribolium audax* Halstead
tribolium noir d'Europe	*Tribolium madens* (Charpentier)
tribolium rouge de la farine	*Tribolium castaneum* (Herbst)
ténébrion meunier	*Tenebrio molitor* Linné
	Aeroglyphus robustus (Banks)
	Cryptophagus varus Woodroffe et Coombs
	Endrosis sarcitrella (Linné)
	Hofmannophila pseudospretella (Stainton)
	Lathridius minutus (Linné)

RÉFÉRENCES

Bousquet, Y. 1990. Beetles associated with stored products in Canada: An identification guide. Agric. Can. Publ. 1837. 224 pp.

Commission canadienne des grains. 1989. Official grain grading guide (édition de 1989). Canadian Grain Commission, Winnipeg, Man. 253 pp.

Friesen, O.H.; Huminicki, D.N. 1987*a*. Grain aeration and unheated air drying. Man. Agric. Agdex 732.1. 30 pp.

Friesen, O.H.; Huminicki, D.N. 1987*b*. Fan test results. Man. Agric. Agdex 732.1. 30 pp.

McKenzie, B.A.; Van Fossen, L.; Stockdale, H.J. 1980. Managing dry grain in storage. Agric. Eng. Digest 20. 10 pp.

Mills, J.T. 1989. La détérioration et l'échauffement des produits agricoles entreposés : comment les prévenir, les détecter et y remédier. Agric. Can. Publ. 1823F. 115 pp.

Scotti, G. 1978. Les insectes et les acariens des céréales stockées. Institut technique des céréales et des fourrages, Paris. 238 pp.

Sinha, R.N.; Watters, F.L. 1985. Insect pests of flour mills, grain elevators, and feed mills and their control. Agric. Can. Publ. 1776. 290 pp.

Trenholm, H.L.; Prelusky, D.B.; Young, J.C.; Miller, J.D. 1988. Réduction des mycotoxines dans les aliments destinés aux animaux. Agric. Can. Publ. 1827/F. 26 pp.

Wilkins, D. 1983. Safe storage of wheat. Country Guide 102(9) : 30*A*, 30*D*.

POUR EN SAVOIR PLUS

Anonyme. 1984. La conservation des grains secs. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Publ. 84-0018. 48 pp.

Atlantic Agriculture. 1985. Field crop guide for the Atlantic Provinces 1985–1990. Ministères de l'Agriculture du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard, de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse. Publ. 100. Agdex 100.32. 52 pp.

Bereża, K. 1986. Insects in farm-stored grain. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario. Publ. 229. Agdex 100.623. 12 pp.

Bond, E. J. 1984. Manual of fumigation for insect control. FAO Plant Prot. Bull. 54. 432 pp.

Friesen, O.H. 1981. Heated-air grain dryers. Agric. Can. Publ. 1700. 25 pp.

Gerber, H.S.; Buonassissi, A. 1988. Successful management of farm-stored grain. Pest control notes. Ministère de l'Agriculture et des Pêches de la Colombie-Britannique. 3 pp.

Morris, D.; Bereza, K. 1982. Harvesting and storing quality grain corn. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario. Agdex 111.736. 5 pp.

Spieser, H. 1983. Digital thermometer for grain temperature sensing. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario, Agdex 111.736. 4 pp.

ANNEXE

Les adresses ci-dessous sont données comme premier point de contact pour obtenir des conseils sur les problèmes d'entreposage et de manutention des grains.

Terre-Neuve et Labrador
Extension Division
Provincial Agriculture Building
Brookfield Road
C.P. 4750
ST. JOHN'S A1C 5T7

Nouveau-Brunswick
Plant Health Section
Plant Industry Branch
New Brunswick Department of Agriculture
C.P. 6000
FREDERICTON E3B 5H1

Nouvelle-Écosse
Extension Services
Nova Scotia Agriculture
C.P. 550
TRURO B2N 5E3

Île-du-Prince-Édouard
Extension Division
Agriculture Research and Extension Building
University Avenue
CHARLOTTETOWN C1E 1E5

Québec
Ministère de l'Agriculture
Pêcheries et Alimentation
C.P. 1693
QUÉBEC G1K 7J8

Ontario
Advisory and Technical Services
Ontario Ministry of Agriculture and Food
Guelph Agriculture Centre
C.P. 1030
GUELPH N1H 6N1

Manitoba
Technical Services and Training Branch
Marketing and Production Division
Manitoba Agriculture
Norquay Building
401 York Avenue
WINNIPEG R3C 0P4

Saskatchewan
Extension Service
Saskatchewan Agriculture
Room 132, Walter Scott Building
3085 Albert Street
REGINA S4S 0B1

Alberta
Crop Protection Branch
Alberta Agriculture
The J.G. O'Donoghue Building
7000 – 113 Street
EDMONTON T6H 5T6

Colombie-Britannique
Plant Health Program
Crop Protection Branch
Ministry of Agriculture and Fisheries
808 Douglas Street
VICTORIA V8W 2Z7

LIBRARY/BIBLIOTHEQUE
AGRICULTURE CANADA OTTAWA K1A 0C5
3 9073 00079558 5

TABLE DE CONVERSION

Unités impériales	Facteurs de conversion	Unités métriques	
Longueur			
pouce	× 25	**millimètre**	**(mm)**
pied	× 30	**centimètre**	**(cm)**
verge	× 0,9	**mètre**	**(m)**
mille	× 1,6	**kilomètre**	**(km)**
Surface			
pouce carré (po^2)	× 6,5	**centimètre carré**	**(cm^2)**
pied carré (pi^2)	× 0,09	**mètre carré**	**(m^2)**
verge carrée (v^2)	× 0,836	**mètre carré**	**(m^2)**
mille carré	× 259	**hectare**	**(ha)**
acre	× 0,40	**hectare**	**(ha)**
Volume			
pouce cube	× 16	**centimètre cube**	**(cm^3, mL, cc)**
pied cube	× 28	**décimètre cube**	**(dm^3)**
verge cube	× 0,8	**mètre cube**	**m^3)**
once liquide	× 28	**millilitre**	**(mL)**
chopine	× 0,57	**litre**	**(L)**
pinte	× 1,1	**litre**	**(L)**
gallon (R.-U.)	× 4,5	**litre**	**(L)**
gallon (É.-U.)	× 3,8	**litre**	**(L)**
Masse			
once	× 28	**gramme**	**(g)**
livre	× 0,45	**kilogramme**	**(kg)**
tonne courte (2000 lb)	× 0,9	**tonne**	**(t)**
Température			
degrés Fahrenheit	(°F – 32) × 0,56 ou (°F – 32) × 5/9	**degrés Celsius**	**(°C)**
Pression			
livres par pouce carré	× 6,9	**kilopascal**	**(kPa)**
Puissance			
cheval-vapeur	× 746	**watt**	**(W)**
	× 0,75	**kilowatt**	**(kW)**
Vitesse			
pieds par seconde	× 0,30	**mètres par seconde**	**(m/s)**
milles par heure (mph)	× 1,6	**kilomètres par heure**	**(km/h)**
Agriculture			
gallons par acre	× 11,23	**litres par hectare**	**(L/ha)**
pintes par acre	× 2,8	**litres par hectare**	**(L/ha)**
chopines par acre	× 1,4	**litres par hectare**	**(L/ha)**
onces liquides par acre	× 70	**millilitres par hectare**	**(mL/ha)**
tonnes par acre	× 2,24	**tonnes par hectare**	**(t/ha)**
livres par acre	× 1,12	**kilogrammes par hectare**	**(kg/ha)**
onces par acre	× 70	**grammes par hectare**	**(g/ha)**
plants par acre	× 2,47	**plants par hectare**	**(plants/ha)**

Papier recyclé *Recycled Paper*